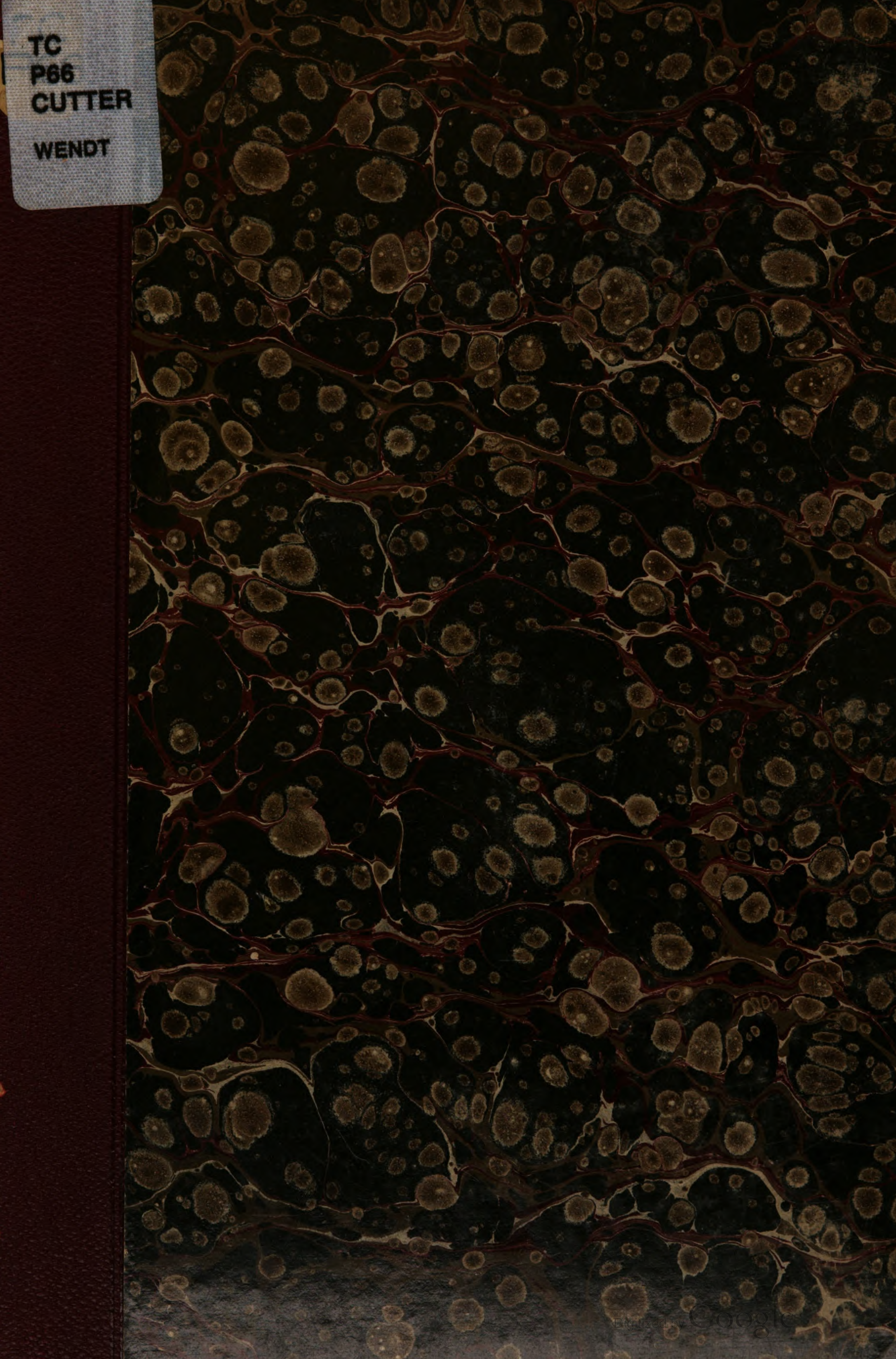
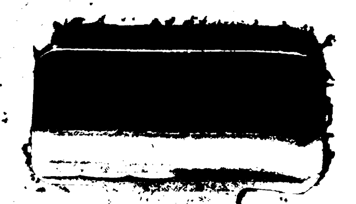
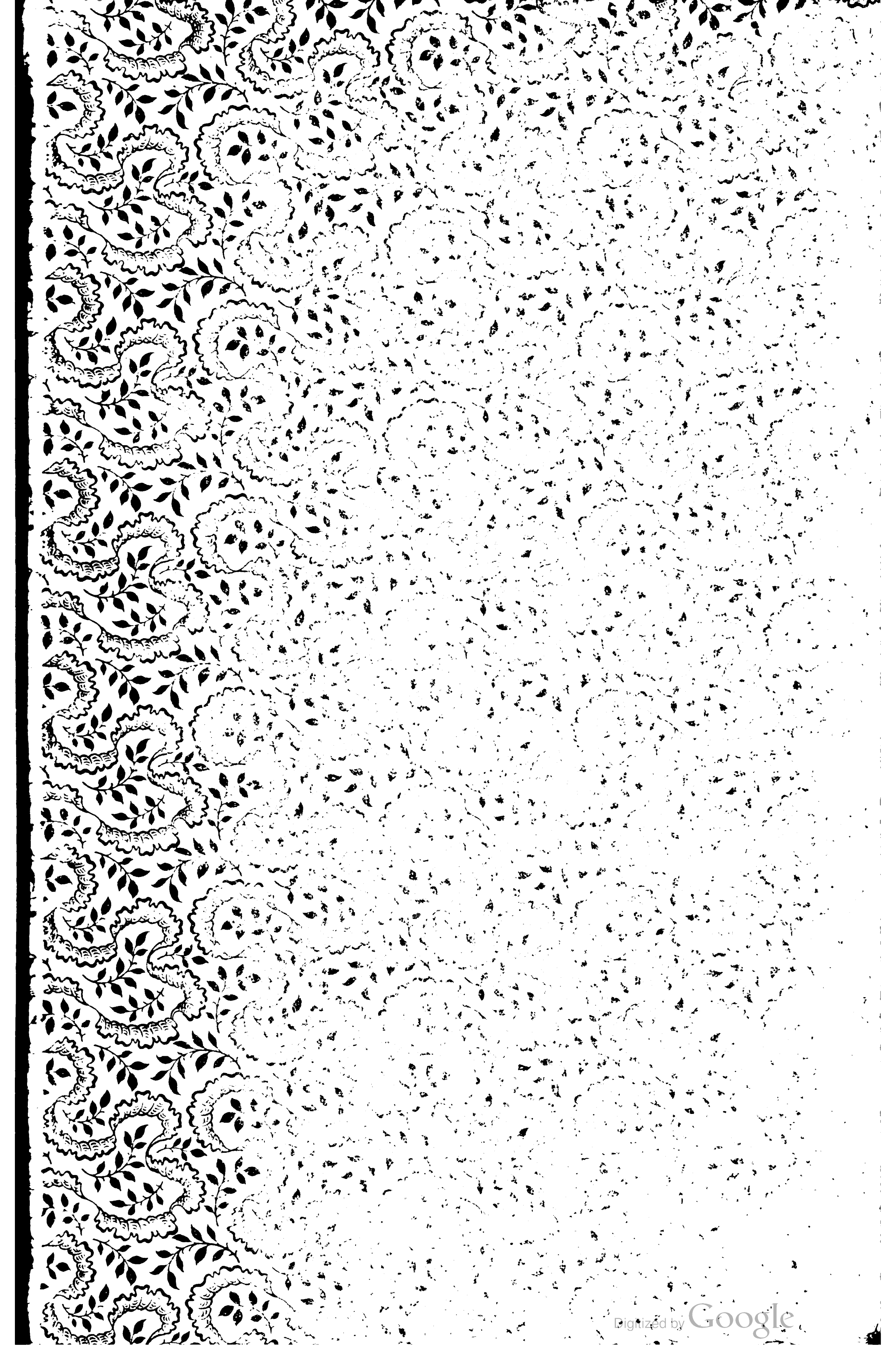

TC
P66
CUTTER
WENDT







MANUEL PRATIQUE

DE

DESSIN DE MACHINES.

GAND, IMPRIMERIE V. VAN DOOSSELAERE.

MANUEL PRATIQUE

DE

DESSIN DE MACHINES

à l'usage

des ouvriers métallurgistes, des contremaîtres et des directeurs d'usines

PAR

G. PIPYN

Professeur à l'École Industrielle de Gand

ET

Alb. VAN DEN STEEN

Directeur de fabrique

Auteurs de l'ouvrage « De Werktuigkunde » (La Mécanique), et de « Hedendaagsche Katoenspinnerij » (filature de coton)



GAND

LIBRAIRIE J. VUYLSTEKE

rue aux Vaches

1904.

PRÉFACE.

Dans ces derniers temps les écoles professionnelles et industrielles dans l'enseignement desquelles le dessin occupe une place prépondérante, ont pris un développement tout à fait extraordinaire. Mais tout le monde n'a pas l'occasion de fréquenter ces écoles et pourtant tout artisan qui s'intéresse à son métier et est désireux d'y progresser doit être à même de pouvoir acquérir cet art indispensable, le dessin.

Notre but en écrivant le présent ouvrage est de fournir à l'artisan et à tous ceux qui, engagés dans l'industrie métallurgique, n'ont pu suivre les cours réguliers des excellentes institutions que nous venons de mentionner, les moyens de continuer leurs études. En suivant les exemples, en lisant attentivement le texte explicatif, en copiant avec soin les modèles, ils seront à même en peu de temps de fournir une esquisse convenable de la pièce mécanique qui leur sera confiée; ils seront même en état de faire un vrai dessin, soigné et entièrement achevé.

Notre livre est avant tout un ouvrage donnant tous les éléments d'une étude personnelle et d'exercices que l'on peut exécuter à soi seul.

Nous jugeons inutile d'insister plus longuement sur l'utilité du dessin, qui n'est plus contestée par personne. Tout le monde est d'accord aujourd'hui pour reconnaître que cet art est un des éléments indispensables de l'éducation d'un véritable professionnel. Les modeleurs notamment, les ouvriers métallurgistes, les contre-maîtres, les directeurs d'usines savent tous que c'est une nécessité pour eux de

savoir dessiner et particulièrement de pouvoir faire l'esquisse d'une pièce de machine.

Un très grand nombre de contre-maîtres et artisans sont dans une complète ignorance des principes les plus élémentaires du dessin. Ils sont hors d'état d'exécuter l'esquisse la plus rudimentaire d'une pièce et sont absolument incapables de déterminer le point sur lequel porte la force d'appui ou de traction des diverses pièces mécaniques. C'est ainsi qu'il arrive souvent qu'une pièce est, dans certaines parties, beaucoup trop lourde, et trop faible dans d'autres où la résistance devrait être plus grande.

Nous nous sommes efforcés de rendre notre travail aussi clair et aussi simple que possible. Nous avons pris tous nos exemples exclusivement dans la pratique. L'expérience que nous avons acquise dans la confection et dans la révision continue de notre ouvrage antérieur « Leerboek der Werktuigkunde » — parvenu à présent à sa 5e édition — a été pour nous un guide précieux.

Nous donnons tout d'abord une description détaillée des instruments nécessaires au dessinateur, et indiquons les soins d'entretien qu'il convient de leur donner, si l'on veut en tirer un bon usage. Ces soins sont d'une importance capitale pour l'artisan expérimenté.

Nous avons apporté toute notre attention à l'exposé des principes élémentaires du dessin; nous y avons joint la représentation détaillée de plusieurs pièces détachées de machines.

Nous donnons également une collection de dessins modèles, qui non seulement pourront servir au dessinateur, mais encore seront consultés avec fruit par les ouvriers mécaniciens.

On y trouvera aussi une série de tables de dimensions pour pièces de machines, répondant exactement aux besoins de la pratique actuelle.

GUSTAVE PIPYN,
ALBIN VAN DEN STEEN.

Gand, 1904.

INSTRUMENTS POUR LE DESSINATEUR.

Pour le dessin de machines il faut de bons instruments. Nous allons en faire la description :

Planche à dessin.

La planche (fig. 1, 2, 3, pl. 1) est faite le plus souvent en bois de tilleul très sec, et dans les dimensions suivantes :

Pour les écoles :

Long. 65 à 70 centimètres.
Larg. 45 à 50 »

Pour les ateliers :

Long. 2,00 mètres.
Larg. 1,50 »
Epaiss. 2 à 3 centimètres

et quelquefois plus.

La planche à dessin est construite de plusieurs planchettes *a*, *a*, *a*, chacune de 10 à 15 centimètres de largeur. Dans leur épaisseur et sur toute leur longueur est pratiquée une rainure, dans laquelle est enchassée une languette qui sert à réunir, au moyen de la colle forte, les différentes parties de la planche. Aux deux extrémités les bords *cc* sont en bois dur, pour faciliter le glissement du T et aussi pour obvier à l'usure inégale produite par le frottement.

A l'envers de la planche (fig. 3, pl. 1) deux traverses AA en bois de chêne, de 4 centimètres d'épaisseur, sont attachées à la planche au moyen de chevilles tournantes B, B, B, pour empêcher que la planche ne se voile. De cette manière le bois de la planche peut se rétrécir et se dilater librement sans produire de fentes, et la planche reste toujours bien plane.

T à dessiner.

Le T (fig. 4, pl. 1) se compose d'une lame A de $0^m,70$ à $1^m,50$ de long attachée à la tête B au moyen de 4 à 6 vis. En outre, deux prisonniers *x* et *y*, en bois dur, traversent les deux parties et servent de guides.

Le meilleur T est en bois d'acajou. La lame est quelquefois munie de bords en ébène *aa* ou de filets de cuivre. Le bois d'ébène étant très fin et très serré, permet d'obtenir des lignes droites et régulières. Sa dureté empêche aussi l'usure inégale.

Pour exécuter des dessins dans lesquels une grande partie des lignes ne sont pas parallèles aux côtés de la planche, ou bien des dessins de perspective, on emploie le T à tête mobile (fig. 5, pl. 1) construit avec une double traverse mobile B′ qui peut tourner sur un pivot muni d'un écrou à ailettes. De cette façon la lame peut être fixée de manière à former tous les angles dont on a besoin. La longueur du T est égale à celle de la planche à dessin.

Equerres.

Les équerres (fig. 6, 7, 8, pl. 1) sont généralement faites en bois de tilleul et leurs bordures sont en poirier. Elles se composent de trois lattes assemblées par des rondelles en bois dur.

Il en existe en ébène, en ivoire, en acier et en caoutchouc rouge durci et dépoli.

Pour s'assurer si l'équerre est bien exacte, on applique l'un de ses côtés contre une règle bien droite, le plus souvent contre le T; on élève sur un point déterminé de cette règle une perpendiculaire, en suivant le côté de l'équerre. Puis on tourne celle-ci et sur le même point on élève une deuxième perpendiculaire, toujours en suivant le côté de l'équerre. Si ces deux perpendiculaires ne forment qu'une ligne, on est assuré que l'angle droit de l'équerre est parfait.

On peut agir de même pour vérifier les angles de l'équerre de 45°.

Les T et équerres devront toujours être tenus dans un état de propreté scrupuleuse. On n'essaiera jamais les tire-lignes sur ces pièces : ce sont de mauvaises habitudes qui ne sauraient être assez blâmées.

Avec des instruments malpropres on salit le papier et on obtient un dessin qu'il est impossible de nettoyer convenablement.

L'entretien du T et des équerres se fait au moyen d'un papier de sable très fin. Au nettoyage on prendra soin de ne pas frotter le papier de sable sur les bords, afin de ne pas les détériorer.

On se sert du T en le prenant de la main gauche et en appuyant toujours sa tête contre le bord de la planche ; de cette manière on tirera, en suivant la lame, des lignes horizontales bien parallèles.

On évitera le plus possible de tirer des verticales au moyen du T, car on ne peut être certain que les côtés de la planche à dessin sont bien à angle droit.

Les verticales sont tirées au moyen de l'équerre, que l'on appliquera contre la lame du T tout en s'assurant avec soin que la tête du T soit toujours bien appliquée contre le bord de la planche.

Pour tirer plusieurs lignes obliques parallèles entre elles on se sert de deux équerres (fig. 6, pl. 1).

Les équerres ordinaires ont des angles de 90° + 30° + 60°; aussi de 90° + 45° + 45°; aussi de 60° + 60° + 60° (fig. 7 et 8).

Papier à dessiner.

Le papier doit être de bonne qualité. Il ne peut devenir pelucheux quand on le frotte avec du caoutchouc, sinon le duvet et les filaments pénètrent dans le tire-ligne et font obtenir des lignes irrégulières. Le papier doit

avoir une certaine épaisseur, et être bien apprêté, sinon l'encre boit, s'étend et forme des lignes épaisses et irrégulières.

Cependant quand un dessin doit être teinté ou lavé, un papier peu apprêté ou peu encollé est préférable. Le papier s'imprègne alors plus facilement et reste plus longtemps humide, ce qui est une grande qualité. On choisira de préférence pour ce genre de dessin un papier à petit grain, en pur chiffon et fait à la forme.

La feuille de papier doit être toujours un peu plus petite que la planche. On l'attache avec des pointes, vulgairement appelées punaises. Si on doit faire un dessin au lavis, on humidifie le côté opposé de la feuille de papier et on frotte de la colle de farine ou de la gomme arabique liquide sur les bords. On applique ensuite la feuille sur la planche, en veillant avec le plus grand soin à ce qu'elle soit bien tendue partout. De cette manière elle ne sera pas boursouflée et gondolée, à la suite de la mise en couleur.

Papier à calquer.

Ce papier doit être le plus blanc et le plus transparent possible. On le trouve dans le commerce satiné, ou mat, ou parcheminé. Ce dernier est préférable quand le dessin doit être souvent manipulé à l'usage; il est en effet très solide.

Cependant on préfère en général travailler sur un papier mat parce qu'il prend facilement l'encre. Pour les dessins destinés à être reproduits par la lumière on emploiera le *Photographic Crystal Paper* qui est très blanc et a le plus de transparence.

Toile à calquer.

Les dessins qui doivent être beaucoup consultés et être conservés longtemps, seront faits sur toile à calquer. Cette toile est glacée d'un côté et mate de l'autre.

On dessine à l'encre de Chine sur le côté glacé, les teintes se placent alors sur le côté mat. Pour obvier à la nature huileuse du papier et de la toile à calquer on mélange dans l'encre de Chine et dans les couleurs une partie d'*ox-gall* ou fiel de bœuf.

Crayons.

Les crayons de Faber ou Gilbert n° 3 ou n° 4 marqués H ou HH sont surtout à conseiller. Ceux qui sont marqués HB ou F sont employés pour les dessins qui ne doivent pas être mis à l'encre; les traits exécutés au moyen de ces crayons sont trop gras.

Ne mouillez jamais la pointe du crayon : il est alors impossible d'effacer les traits au moyen du caoutchouc.

Taillez le crayon en biseau plat: de cette manière on conserve mieux la finesse. En dessinant on suit la règle ou l'équerre en y appliquant le côté méplat de la pointe du crayon. Les pointes rondes s'emploient pour dessiner à main levée ou pour écrire.

Pour aviver et aiguiser la pointe du crayon on emploie une lime douce ou du papier de sable très fin.

Pour tirer une ligne droite par deux points déterminés, on place sur l'un de ces points le crayon ou le tire-ligne, puis on fait glisser l'équerre jusqu'à ce qu'elle rencontre le crayon ou le tire-ligne, et on la fait parvenir ensuite par un mouvement circulaire autour du premier point jusqu'à l'autre point, qui sera alors dans un même alignement. De cette manière on est assuré que la ligne droite passe exactement par les deux points donnés. C'est un procédé très expéditif et très simple. On tachera de faire glisser le plus légèrement possible le crayon sur le papier; les traits trop accusés s'enlèvent difficilement et empêchent de mettre proprement le dessin à l'encre.

Encres.

N'employez jamais l'encre à écrire pour le dessin; elle sèche trop lentement et fait rouiller les tire-lignes. L'encre de Chine de 1re qualité, qu'on frotte avec de l'eau, doit être liquide. La qualité est d'autant meilleure qu'il faut moins de temps pour obtenir une encre noire et limpide.

Pour avoir une encre très noire pour les dessins à reproduire, on mêle un peu de bleu de Prusse à l'encre de Chine.

On emploie aussi une encre de Chine liquide très brillante et très noire pour faire les dessins à reproduire; elle est aussi très recommandable pour faire les dessins au lavis.

Dans les dessins comprenant des parties situées sur différents plans, celles qui sont sur les plans les plus rapprochés seront faites avec une encre très noire, et les parties les plus éloignées seront dessinées avec une encre plus pâle.

Godet.

Le godet dans lequel on prépare l'encre de Chine doit être de préférence en cristal ou verre dépoli. Sa forme extérieure sera carrée. Pour conserver l'encre on y placera un couvercle en verre ou cristal (fig. 22, pl. 2).

Nous recommandons vivement de ne pas laisser le bâton d'encre de Chine ou les couleurs en briques dans le godet. Ils se gercent en effet et laissent tomber de petites parcelles qui pénètrent entre les lèvres du tire-ligne.

Gommes.

La meilleure gomme est le caoutchouc naturel, ou bien aussi la gomme blanche de Faber, pour effacer les traits faits au crayon. On en trouve aussi pour effacer l'encre.

Compas.

Le principal instrument du dessinateur est le compas. Il existe des compas de toutes dimensions. La série complète se compose comme suit : Un compas à pointes sèches ; un compas changeant, dont la tête est à balustre, et, pour adapter à ce dernier, un porte-crayon, un tire-ligne, une pièce d'allonge. Ces pièces de rechange seront bien ajustées, n'auront

aucun jeu dans leurs gaines. Dans le cas contraire il serait impossible d'obtenir des circonférences exactes.

Quand on ferme le compas, ses deux pointes, ou bien d'une part la pointe sèche et d'autre part le porte-crayon ou le tire-ligne, doivent se couvrir exactement et ne pas dévier l'un de l'autre; c'est là un point capital.

On sait combien il est difficile pour un dessinateur de faire un dessin exact s'il ne possède pas d'instruments irréprochables. Les meilleurs compas sont ceux de la maison Clemens Riefler de Munich. Ils sont parfaitement achevés, et d'une construction soigneuse.

Les compas de Riefler (fig. 1, pl. 3) ont les deux jambes cylindriques, ce qui permet de les ouvrir facilement. Les pointes en acier sont coniques, disposition qui permet de prendre les mesures avec le plus d'exactitude. Les pointes sont légèrement obliques et vissées dans les jambes, de manière qu'elles peuvent être remplacées facilement.

Les bouts des pièces de rechange, telles que porte-crayons, tire-lignes et pointes sèches, sont cylindriques et correspondent aux trous faits dans les jambes. Afin de les empêcher de se déplacer une petite clavette, fixée sur leur partie cylindrique, vient se loger dans une rainure pratiquée dans le compas. Les vis de pression sont ainsi devenues inutiles.

Les charnières de la tête du compas sont composées de tourillons à pointes, tournant entre deux écrous; les jambes s'ouvrent alors et se ferment dans un mouvement régulier et doux. Jamais on n'y sent ces chocs, soubresauts ou reculs que l'on rencontre souvent dans les compas ordinaires.

Les compas de la firme E. O. Richter et Ce de Chemnitz sont basés sur les mêmes principes et sont très recommandables.

Une boîte à compas doit contenir : un compas à pointes sèches (fig. 1) de 12 centimètres de longueur; un compas de 13 centimètres (fig. 2) avec pièces de rechange, porte-crayon, tire-ligne, pointe sèche et pièce d'allonge. Un compas à pincettes ou à ressort (fig. 3), pour petites divisions. Un compas à pompe (fig. 4) avec porte-crayon et tire-ligne, et deux tire-lignes (fig. 5 et 6) ordinaires.

Pour les dessinateurs déjà avancés il faut en plus un tire-ligne pour les pointillés (fig. 7) avec 3 ou 4 roues de rechange. Ce tire-ligne permet de tracer des traits pointillés très rapidement et très régulièrement. En l'employant on aura soin de le faire glisser contre la règle de manière que la petite roue dentée y repose, tout en donnant une légère pression afin que le levier auquel est attaché le tire-ligne reçoive un mouvement saccadé. Le tire-ligne obtiendra un mouvement saccadé qui formera la ligne pointillée.

La fig. 8 représente un tire-ligne pour pointillé qu'on adapte à un compas pour faire des cercles pointillés

Répétons ici cette remarque importante : on doit toujours tenir le tire-ligne verticalement au papier.

Règle à hachurer.

(Fig. 9, pl. 2.)

Pour indiquer dans un dessin qu'une pièce mécanique a subi une section, on remplit la surface coupée par des lignes parallèles obliques. La distance de ces lignes varie de 1/2 à 1 millimètre. Pour faire ces

lignes à la main au moyen d'une équerre il faut une très grande pratique. Afin de faciliter ce travail on emploie la règle à hachurer. Pour faire fonctionner cet instrument on appuie le bouton à ressort A sur le papier jusqu'à ce que la ligne soit tirée, puis on le lache; un nouveau mouvement sur ce même bouton déplace parallèlement la règle à une distance déterminée. Le déplacement se règle facilement au moyen de la vis B qui modifie la course du levier.

Compas à verge.

Pour décrire de grands cercles on emploie le compas à verge (fig. 10, pl. 2). On place les deux pointes A et B à la distance voulue, qu'il est parfois difficile d'obtenir sans des essais nombreux; afin de remédier à cet inconvénient, on règle la distance exacte au moyen de la vis micrométrique C.

Compas de réduction.

(Fig. 11, pl. 2.)

Ce compas sert à diviser une ligne droite ou un cercle en un nombre déterminé de parties égales. La fig. 11 représente ce compas à l'état fermé, c'est-à-dire quand les deux jambes sont superposées l'une sur l'autre. On voit qu'un tourillon ou charnière peut voyager dans une coulisse pratiquée dans les deux jambes et sur les deux côtés de laquelle figure une échelle. Ce compas a donc quatre extrémités : les deux plus longues sont en forme de pointes allongées, les deux autres sont arrondies mais munies chacune d'une petite pointe très acérée qui s'en détache.

Si, par exemple, une ligne droite doit être divisée en 7 parties égales, la charnière sera déplacée jusqu'à ce que son point de repère corresponde avec la division 7 de l'échelle. On mesure la ligne donnée au moyen des pointes les plus longues; l'ouverture des pointes opposées indiquera la 7e partie de la ligne.

On prendra soin de ne pas confondre les 2 échelles; l'une donne les divisions de la ligne droite, et l'autre les divisions de la circonférence. En déplaçant la charnière par rapport à la division rectiligne on obtiendra la tantième partie d'une ligne droite. Par contre l'autre échelle servira à déterminer la tantième partie de la circonférence par rapport au diamètre.

Généralement les divisions rectilignes sont marquées de 2 à 10 et celles de la circonférence de 6 à 20.

Ce compas sert aussi à exécuter un dessin à une échelle demandée, par exemple au 1/7 ou 1/8 ou au 1/10 de la grandeur naturelle.

On mesure au moyen des grandes pointes toutes les dimensions que l'on transporte sur le dessin par le côté opposé, c'est-à-dire par les petites pointes. C'est là une opération qui économise un temps énorme.

La fig. 12, pl. 3, représente un compas qui rend beaucoup de services au dessinateur. Ce compas est muni de quatre pointes, dont deux de chaque côté de la charnière. Le rapport des leviers est de 2 à 1, de manière que l'ouverture des grandes jambes répond au double de celle des petites. Cet instrument est très utile pour diviser les diamètres.

Compas à trois pointes.

(Fig. 13bis, pl. 3.)

Un compas que certains dessinateurs emploient beaucoup est le compas à 3 pointes. Il sert principalement à transporter les 3 sommets d'un triangle, opération qui, exécutée suivant la méthode ordinaire, prend énormément de temps et en outre expose à des erreurs.

Tire-ligne.

On donnera la préférence au tire-ligne dont une des branches est à charnière (fig. 6, pl. 3), ce qui permet de les aiguiser et de les nettoyer. On veillera à ce que ces deux branches soient bien élastiques

Pour faire des gros traits il existe des tire-lignes doubles.

Le tire-ligne muni d'un cercle gradué s'emploie pour obtenir toujours la même force du trait. Il est réglable de 0,05m/m à 1m/m. Le dessinateur peut déterminer la grosseur ou la force de la ligne et la modifier à son gré, grâce au point de repère du cadran à divisions de la vis.

Pour tracer des courbes au moyen du tire-ligne droit, il est nécessaire qu'il suive bien le pistolet (voyez fig. 19 cinq modèles de pistolets). En vue de faciliter cette opération l'une des pointes de ce tire-ligne est munie de deux guides (fig. 13, pl. 3).

La fig. 14 représente un tire-ligne pour le dessin à main levée.

Entretien des tire-lignes.

Après avoir dessiné avec un tire-ligne on doit le nettoyer complètement, sinon il se rouille, et il est hors d'usage après peu de temps.

Si les branches sont usées ou si elles ne sont plus assez vives on doit les aiguiser sur la pierre douce couverte d'huile, jusqu'à ce que les deux branches soient égales comme longueur, comme forme et comme épaisseur. On fera bien de les examiner à la loupe; à l'œil nu on ne peut pas, en effet, constater les défauts aussi facilement ni arriver à y remédier.

Pour le papier à dessin fort les pointes peuvent être tranchantes; pour le papier à calquer elles seront moins vives, afin de ne pas le couper.

Pour obtenir des traits fins et nets et principalement pour décrire des cercles, il est bon de tenir le tire-ligne verticalement.

Pour alimenter le tire-ligne on plonge un morceau de papier fort dans l'encre et on le passe entre les deux branches. Parfois on fait usage d'une plume à écrire que l'on passe, chargée d'encre, entre les branches.

Cependant pour obtenir toujours des traits fins et réguliers, on plonge le tire-ligne dans de l'eau propre, on passe légèrement un papier buvard entre les branches, puis on présente les pointes du tire-ligne au niveau de l'encre de Chine, qui est immédiatement aspirée. De cette manière, l'encre est toujours très limpide dans le tire-ligne.

Pour dessiner on doit tenir celui-ci à la hauteur de la vis de réglage, entre le pouce et le médium tout en relevant l'index. De cette manière on règle facilement la vis pour obtenir des traits fins ou gros.

Nous recommandons, comme une précaution très utile, d'introduire tous les 3 mois dans les vis des tire lignes un peu d'huile fine ou de vaseline. Le déplacement des branches est ainsi plus facile et l'usure de l'instrument est moins rapide.

Règle à tangente et rayon.

(Fig. 15.)

Il est très difficile de tracer plusieurs rayons partant d'un même centre. Pour faciliter cette opération on se sert de la règle représentée fig. 15. On déplace le levier A jusquà ce que la pointe à aiguille B vienne sur le prolongement de la ligne CD. On place alors la pointe B dans le centre du cercle donné; toutes les lignes tirées qui suivront la règle C D, seront toutes des rayons d'un même cercle et partant d'un même centre.

On obtient des tangentes en plaçant une équerre sur cette règle de manière à lui faire toucher le cercle.

Pour tracer plusieurs cercles concentriques on place sur le centre un petit disque transparent en corne, lequel est muni de 3 petites pointes qui permettent de le fixer. On place la pointe du compas sur le disque bien exactement à l'endroit que doit occuper le centre (fig 16).

On emploie aussi dans le même but un autre genre de disque en acier muni en son milieu d'une pointe d'aiguille. Au centre de ce disque est pratiquée une petite excavation correspondant exactement à la pointe d'aiguille. En enfonçant la pointe de ce disque dans le centre du cercle demandé et en plaçant dans cette excavation la pointe du compas on est certain de tracer tous les cercles concentriques sans approfondir ni agrandir le centre dans le papier à dessiner.

Rapporteur.

(Fig. 18.)

Le rapporteur sert à mesurer les angles. On place le point A au sommet de l'angle à mesurer. Si, par exemple, le côté AB correspond avec le zéro de l'échelle et l'autre côté A O à la division de 45, l'angle B A O mesurera 45°.

Soins à donner aux compas.

Pour préserver de la rouille les compas et autres instruments en métal, nettoyez-les au moyen d'un chiffon imbibé de vaseline. Celle-ci remplit les pores du métal et le préserve ainsi de l'humidité.

La vaseline ne contient pas d'acide et empêche le corrodage. En faisant ce nettoyage de temps en temps on est certain de conserver longtemps ses instruments en bon état. Les vis des tire-lignes et aussi les charnières seront graissées de temps à temps.

Les parties plates de la tête du compas ne seront pas graissées, on les frottera avec du talc.

Echelles.

On désigne par échelle d'un dessin, le rapport qui existe entre la longueur d'une ligne sur le dessin et la longueur effective de l'objet représenté.

En Belgique, la plupart des constructeurs indiquent sur les dessins les dimensions des pièces en mètres, centimètres et millimètres. On emploie généralement l'échelle de 1-2-5-10-20 centimètres par mètre jusqu'à celle de la grandeur naturelle.

On emploie une latte en buis de 22 à 32 centimètres de longueur, dont les deux côtés sont biseautés et divisés en 20 ou 30 centimètres avec les subdivisions en millimètres et demi-millimètres. Au milieu de la latte est fixé un bouton qui en facilite le maniement.

Si par exemple on demande un dessin à l'échelle de 10 centimètres par mètre, toutes les dimensions doivent être réduites dans cette proportion; chaque décimètre sur l'échelle représentera un mètre, chaque centimètre un décimètre, et chaque millimètre un centimètre. Si la longueur de la pièce représentée est de 2,880 mètres, elle mesurera sur l'échelle 28 centimètres 8 millimètres.

Pour réduire à 5 centimètres par mètre, on considérera chaque millimètre sur l'échelle comme égal à 2 centimètres. En conséquence 2.880 m. seront représentés sur l'échelle par $\frac{288 \times 5}{100}$ ou $2\ 88 \div 20 = 14$ centimètres et 4 millimètres.

Il existe cependant encore quelques constructeurs qui emploient les mesures anglaises. L'échelle dans ce cas est plus compliquée et chaque rapport demande une autre échelle.

Les échelles les plus en usage dans ce cas représentent 1 pouce pour 1 pied, et vont jusqu'à la grandeur naturelle.

Les échelles plus réduites sont employées dans les vues d'ensemble des grandes machines; ainsi que dans les grands plans de bâtiments.

La plupart des échelles anglaises sont des règles plates en bois de buis, en métal ou bien encore en ivoire, sur lesquelles sont indiquées les divisions suivantes :

1	pouce	par	pied	ou	1″	= F^t
1	»	»	»	»	1 ½″	= 1′
1	»	»	»	»	2″	= 1′
1	»	»	»	»	3″	= 1′
1	»	»	»	»	4″	= 1′
1	»	»	»	»	5″	= 1′
1	»	»	»	»	6″	= 1′

6″	= 1′	ou	1/2	grandeur	naturelle.
4″	= 1′	»	1/3	»	»
3″	= 1′	»	1/4	»	»
2″	= 1′	»	1/6	»	»
1 ½″	= 1′	»	1/8	»	»
1″	= 1′	»	1/12	»	»
3/4″	= 1′	»	1/16	»	»
1/2″	= 1′	»	1/24	»	»

Si on n'a pas sous la main l'échelle nécessaire pour établir le rapport dont on a besoin, on la dessine sur du papier carton ou sur une latte en buis ou en bois de tilleul.

Les subdivisions sont d'abord indiquées au compas, ensuite on en marque les traits, en s'aidant d'une équerre, au moyen de la pointe d'un canif très tranchant.

Exemple : Pour dessiner une échelle de $\frac{3}{4}''$ pour un pied, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 16 :

Avec une ouverture de compas de 3/4 de pouce, établissez 12 divisions sur une ligne droite, tirez des perpendiculaires sur toutes ces divisions, prenez OY et X 12 égal à 3/4 de pouce et divisez en 12 parties égales, faites passer par ces divisions des lignes parallèles à la ligne O'12', et achevez l'échelle comme le montre la fig. 26, pl. 1.

1re *application :* Si l'on doit, par exemple, indiquer sur un dessin la longueur de $6'\ 3''\ \frac{7}{8}$ on mettra sur l'échelle l'une des pointes du compas au point B qui indique $6'\ \frac{7}{8}$ puis l'autre pointe en A, qui indiquera $3''$ en plus et on aura $6'\ 3''\ \frac{7}{8}$.

2e *application :* On doit réduire $3'\ 7''\ \frac{1}{4}$. Le premier point sera en C, soit 3 pieds et 2/8 et le second en D, soit 7 pouces de plus.

On obtient de cette façon les pieds, les pouces et les lignes

3e *application :* On demande à transporter $5^m,370$ à l'échelle de 20 centimètres par mètre (fig. 25, pl. 1). Placez la pointe du compas en B, soit 5 mètres et 7 centimètres et l'autre pointe en A ou 3 décimètres, vous aurez $AB = 5^m,37$. La distance de 0 à 5 vaut en effet (5 mètres); celle de 0 à 3 vaut 3 décimètres et celle de 5 à 7 vaut 7 centimètres.

4e *application :* On désire transporter 6,37 mètres à l'échelle de 15 centimètres par mètre (fig. 24, pl 1). Placez le compas en A qui indique 6,07, l'autre pointe en B qui donnera 30 centimètres.

DESSIN DE MACHINES.

Dans son bureau l'ingénieur fait l'étude d'une machine, et aussitôt qu'il conçoit une idée nouvelle, il la représente sur le papier. Il dessine la forme et la combinaison, ainsi que les dimensions des pièces. Il indique même le sens des directions, le métal ou la matière à employer, etc. etc.

En regardant le dessin d'une machine, on doit pouvoir y retrouver les détails de toutes les pièces dont elle est composée. On doit y voir aussi clair que si on lisait toutes les explications dans un livre. Par les différentes indications qui s'y trouvent, notamment par les teintes, on doit pouvoir distinguer la matière dans laquelle chaque pièce sera construite.

Pour représenter les matériaux on se sert des nuances suivantes :

Fonte de fer : Teinte neutre (encre de Chine, avec bleu de Prusse et carmin).

Fer forgé : Bleu de Prusse.

Acier : Pourpre (bleu de prusse avec carmin).

Bronze : Jaune et un peu de terre de Sienne ou un peu de rouge.

Cuivre : Jaune avec un peu de carmin.

Plomb : Noir avec un peu d'indigo.

Maçonnerie : Carmin avec un peu de terre de Sienne.

Pierre refracterie : Jaune avec du brun Van Dijck.

Bois tendre : Terre de Sienne pâle.

Bois dur : Terre de Sienne pâle avec un peu de rouge.

Pour représenter tous ces matériaux sur des dessins qui ne sont pas destinés a être coloriés on indique leur section au moyen de hachures disposées de différentes manières, reproduites dans les fig. 10 à 19.

En hachurant les parties sectionnées on se servira d'une encre plus pâle que celle avec laquelle les lignes extérieures ont été tracées.

La fig. 10 représente la fonte.
» 11 » le fer forgé.
» 12 » le bronze ou cuivre.
» 13 » l'acier.
» 14 » le plomb.
» 15 » l'antimoine.
» 16 » le caoutchouc.
» 17 » le bois en section.
» 18 » le bois dans la longueur.
» 19 » l'eau ou les liquides.

Les traits ou lignes.

Pour donner une meilleure apparence à un dessin mis à l'encre et aussi pour le rendre plus compréhensible on tracera en traits plus gros les lignes non exposées à la lumière. Ce sont les *traits de force* ou traits renforcés.

Dans un dessin la lumière est toujours censée venir d'en haut, du côté gauche, suivant des rayons de 45°.

Toutes les parties qui ne sauraient être atteintes par les rayons lumineux seront représentées par des traits de force. Mais il faut veiller aussi à ce que ces lignes ne soient tracées qu'à l'extérieur de la figure.

La fig. 22 représente un objet vu de face.
» 21 en » la coupe.
» 23 en » le plan.

Les flèches, qui représentent ici les rayons lumineux, sont projetées par un angle à 45°.

La coupe de la fig. 21 nous montre par ses hachures que la pièce est en fonte.

Les lignes 1.8, 8.7, 7.6, 6.5 dans le plan sont exposées aux rayons lumineux et peuvent être touchées par les flèches; ce sont des lignes claires qui doivent donc être minces. Par contre les lignes 1.2, 3.4 qui ne sauraient être atteintes par les rayons restent dans l'ombre et doivent donc être marquées par des traits plus gros.

Dans la partie intérieure les lignes 16-15-14, 13 sont aussi des lignes d'ombre; d'autre part les lignes 13-12-11-9-16 sont des lignes claires parce qu'elles sont exposées aux rayons.

Pour marquer la ligne d'ombre d'un cercle il faudra procéder de la manière suivante : On commence par diviser le cercle en 2 parties au moyen du diamètre 17-18. Une moitié 17-19-18 est claire, l'autre est dans l'ombre.

Mais on ne peut commencer d'emblée la ligne d'ombre au point 18 et la finir brusquement au point 17. On tracera d'abord un gros trait au point 20, pour le quart de la circonférence, puis on en diminuera la grosseur de telle manière qu'aux points 17 et 18, les lignes se fusionnent.

Le tire-ligne devra être réglé deux à trois fois pour obtenir ce résultat.

Après quelques exercices on parviendra à obtenir de bons résultats.

Les mêmes remarques s'appliquent aux fig. 21 et 22.

Les parties rondes ou cylindriques n'ont pas de lignes d'ombre. Mais il n'en est pas de même des parties cylindriques qui sont coupées ou sectionnées

Dans la fig. 22 on remarque les parties A, B et C qui sont cylindriques et qui sont sans ombre; tandis que ces mêmes parties dans la fig. 21 sont pourvues de lignes d'ombre.

Dans les dessins qui doivent être teintés, on ne fait les lignes d'ombre qu'après avoir mis la couleur, sinon le pinceau pourrait étendre l'encre du gros trait et la mêler à la couleur.

Aussitôt que le dessin est colorié, et que les lignes d'ombre sont tirées, on trace les différentes lignes des axes et des diamètres, à l'encre bleue (ordinairement en bleu de Prusse) et toujours en lignes pleines.

Les lignes des cotes, qui indiquent les mesures, ne peuvent pas être de la même couleur que les lignes des centres; on emploie généralement pour elles l'encre rouge ou carminée.

Les flèches au bout des lignes indiquant les cotes seront à l'encre noire et faites à la plume.

Lignes auxiliaires.

On représente par des lignes pointillées les objets qui sont invisibles, c'est-à-dire cachés par ceux qui les couvrent (fig. 21 A).

B indique les lignes pour les cotes.

On veillera avec attention à ce que les flèches touchent des deux côtés les parties indiquées. Les flèches seront indiquées suivant A (fig. 20bis) et non comme B ni C. On peut aussi mettre les chiffres à l'extérieur des traits quand la place manque, mais on doit alors indiquer à quoi ils se rapportent.

Fig. 20. La ligne C indique une ligne du centre. D, E, F sont des lignes auxiliaires employées dans les figures géométriques, afin de distinguer les différentes opérations.

Pour marquer dans le dessin la pente ou la cônicité d'un corps on trace des triangles comme l'indiquent les fig. 31 et 32.

Exemple. La hauteur du triangle isocèle est 32, la base 1, ce qui veut dire que le diamètre est 1 pour une hauteur de 32 soit un rapport de $\frac{1}{32}$ ou bien $\frac{1}{4}$ sur 8.

La hauteur du triangle rectangle est 10, la base 1, donc la pente sera de 1 sur 10 par rapport au *rayon :*

Ce qui veut dire que le rayon pour une longueur de 10 centimètres diminue de 1 centimètre ou bien de $\frac{1}{10}$, ou encore de 1 mm. par centimètre, ou de 10 centimètres par mètre.

Une pièce de forme conique tronquée, de 1 mètre de longueur, mesure à sa grande base 40 centim. : la petite base sera $\frac{100}{10} = 10$ centim., par conséquent $40 - 10 = 30$ centimètres.

Si la pièce n'a que 90 centimètres de long, sa base sera de :

$$100 \text{ long.}, 40 \text{ base}, \frac{40 \times 90}{100} = 36 \text{ centimètres.}$$

Il est aussi d'une importance capitale que *toutes* les dimensions soient indiquées sur le dessin. Sinon l'ouvrier qui est chargé de l'exécution est obligé de mesurer à l'échelle les cotes qui manquent, travail qui demande beaucoup de temps et est sujet à de fréquentes erreurs.

Lavis.

Avant de colorier un dessin on le met à l'encre. L'encre employée ne peut pas être épaisse, sinon elle risque de s'étendre ou de fusionner. Les lignes ne peuvent pas être trop minces; mais d'autre part on doit

éviter d'appuyer sur aucune d'elle, ce qui les transformerait en traits d'ombre.

On emploie le grand pinceau double (fig. 20) fait en poils de chameau ou de martre. Plus le poil est fin et souple plus la qualité du pinceau est bonne et plus elle rend le travail facile. Au moment de se procurer un pinceau il est bon d'en mouiller la pointe pour vérifier si elle est bien fine; un pointe coupée et plate ne vaut rien.

Quant aux couleurs, on donnera la préférence à celles qui sont préparées en petits blocs dits pains de couleur, comme sont les couleurs de Mr Morin de Paris. On peut se procurer les diverses teintes toutes préparées, comme celles de la fonte, de l'acier, du bronze, etc. etc.

Ces couleurs sont d'abord dissoutes dans des godets en porcelaine (fig. 21) de 6 à 10 cent. de diamètre, que l'on peut placer l'un sur l'autre, en couvrant le dernier d'un couvercle afin d'éviter l'évaporation.

Après avoir dissous les couleurs, on rencontre parfois de petites parcelles solides, qui, posées par le pinceau sur le papier, provoquent des taches. Pour éviter cet inconvénient, il suffira de transvaser ensuite la couleur des godets dans un récipient fait, au moyen de papier à dessin, comme l'indique la fig. 9, et ayant 10 à 12 cent de côté et 2 à 3 centimètres de hauteur. Ce récipient, employé de la manière que nous indiquerons plus loin, permet d'obtenir une couleur exempte de ces petites parcelles. En transvasant la couleur au moyen du pinceau, on appuiera celui-ci sur le bord du petit récipient. Puis on allongera cette couleur avec de l'eau propre, jusqu'à ce que l'on obtienne la teinte voulue.

Généralement tous les débutants font des teintes trop foncées. Nous recommandons au contraire de faire la première couche un peu trop pâle; il est en effet alors toujours possible d'y apposer une seconde couche.

Quand la couleur se trouvant dans le récipient aura la nuance voulue, on la remuera dans le pourtour au moyen du pinceau, ou bien encore on fera basculer le récipient afin que les petits grains de couleur se déposent dans un coin.

Parfois même certains dessinateurs déversent le contenu dans un second récipient en papier, afin d'être assurés d'obtenir toujours ensuite une teinte bien uniforme. Au moment de s'en servir on incline le récipient de manière à faire descendre la couleur dans un des coins. On prend le pinceau propre mais humide avec lequel on doit travailler, on y fait aspirer la couleur et l'on frotte la pointe sur le bord du récipient pour enlever le superflu.

Il est bon de faire un premier essai sur un morceau de papier identique à celui du dessin, et de voir si la nuance convient. Tout est alors en règle pour exécuter le travail.

On commence toujours à gauche du côté supérieur du dessin. Avec la pointe du pinceau on contourne les lignes et avec le gros du pinceau on déplace vers le bas la couleur, et toujours le plus rapidement possible, en ayant soin de ne pas laisser sécher et de ne pas passer deux fois au même endroit afin de ne pas faire des taches.

Si la surface est trop grande, on tâchera de diviser le travail en s'arrêtant à l'une ou l'autre ligne passant dans le plan.

Quand une surface est achevée et avant qu'elle ne soit tout à fait

sèche, on la couvrira d'une feuille de papier buvard, sur laquelle on appuiera doucement. De cette manière toute la couleur superflue passera dans le papier buvard et on obteindra une surface d'une teinte bien uniforme.

On aura également soin de rester à une légère distance des lignes claires, c'est-à-dire qu'on laissera une petite ligne blanche, du côté où vient la lumière.

Pour laver de très grandes surfaces on les couvrira d'abord, au moyen d'une éponge ou d'un très grand pinceau, d'une eau pure ou saturée d'alun que l'on enlèvera au moyen du papier buvard. Quelque temps après on appliquera la couleur; celle-ci ne séchera plus aussi rapidement et le travail sera rendu plus facile.

Il peut arriver aussi que le pinceau ne contienne pas assez de couleur pour achever une surface commencée. On lui fait alors aspirer une nouvelle quantité de couleur.

S'il arrive qu'une surface étant achevée, il reste trop de couleur sur le papier, il faut alors la ramener dans un coin de la figure, et, au moyen de l'autre bout du pinceau, qui est humide, on aspire le trop plein. Puis on applique le papier buvard.

Si un dessin doit être ombré au lavis, on exécutera tout ce travail à l'encre de Chine. Il y aura principalement lieu d'employer dans ce cas les récipients en papier, afin d'éviter les taches.

On exécutera d'abord les ombres portées dans une teinte qui peut être assez foncée. On couvrira ensuite la surface entière des figures d'une teinte uniforme et dans le ton le plus pâle. On aura soin de laisser les lignes ou rayons lumineux intacts. Enfin on repassera la même teinte deux, trois, quatre fois et plus, suivant la nécessité et suivant les endroits.

Pour ombrer au lavis une surface cylindrique on commencera par marquer la place où doivent venir les différentes nuances à exécuter.

Le demi cercle qui représente le cylindre est divisé en 4 parties égales, ou même les rayons OB et OA. C'est en A que sera la lumière la plus forte : par conséquent la ligne devra être tout à fait blanche.

En B ce sera la partie la plus foncée qui sera l'ombre portée.

On divisera ensuite le demi cercle en plusieurs parties égales par exemple en 14 et l'on projettera ces points sur la surface du cylindre.

On placera l'ombre portée entre la 11e et 12e division; on continuera par la teinte la plus pâle sur la surface 1-4-4-1, 5-5-15-15; la surface 4-5-5-4 sera intacte. Quand cette couche sera séchée on en placera une autre avec la même teinte, mais on commencera par 1.3-3.1, 5-15-15-6, etc. jusqu'à ce que l'on arrive à l'ombre portée.

On obtiendra de cette manière un parallélipipède formé de plusieurs petites surfaces, qui s'indiqueront à mesure que chaque couche sera placée.

Plus le nombre de divisions est grand dans le demi cercle plus les divisions seront petites et plus on se rapprochera de la forme cylindrique.

On obtiendra mieux encore celle-ci en fusionnant chaque couche, (*teintes fondues*), de la manière suivante. Aussitôt que la couche 1-4-4-1 sera placée, on passera l'autre bout du pinceau double, imbibé d'eau propre, sur le côté 4-4 de telle sorte que la teinte s'étendra douce-

ment. Cette opération se répétera à chaque couche et l'on obtiendra ainsi un cylindre parfait.

Toutefois dans un dessin au lavis ou ombré où se trouvent représentées plusieurs petites pièces, on pourra avec plus de facilité achever les ombres au moyen de l'estompe, tout en ayant soin de rester dans le ton général du dessin.

Quand le dessin est entièrement ombré à l'encre de Chine, il est prêt à recevoir la couleur qui sera particulière à chaque pièce faite d'une matière différente. Mais on réservera toujours les traits de lumière.

FIGURES GÉOMÉTRIQUES.

Nous considérons comme indispensable, pour atteindre le but du présent ouvrage, de nous occuper ici dans quelques exercices de certaines figures géométriques importantes : telles que cercles, tangentes, ellipses, paraboles et hyperboles.

EXERCICE I. — *Par un point déterminé* M, *mener une tangente à un cercle* (fig. 27, pl. 1).

1er *cas :* Le point M est sur la circonférence. Tirez le rayon OM, et prolongez-le d'une certaine longueur ; prenant le point M comme centre, tracez un demi-cercle d'un rayon quelconque ; des points d'intersection NP, décrivez deux arcs de cercle se coupant en Q ; tirez la ligne RQM : celle-ci sera la tangente demandée.

2e *cas :* Le point A est hors du cercle, joignez AO ; du point B comme centre, à égale distance des points A et O, décrivez un demi-cercle ayant pour rayon BO ; puis du point O tirez OC : la ligne qui passera par AC sera la tangente demandée.

EXERCICE II. — *Par un point* A *abaisser une perpendiculaire sur un cercle dont le centre est inconnu.*

Du point A comme centre, et avec une ouverture de compas quelconque, décrivez un arc de cercle CB ; des deux points C et D tirez deux arcs de cercle qui se coupent en D : la ligne AD sera la perpendiculaire demandée.

EXERCICE III. — *D'un point* M *situé en dehors d'un cercle, abaisser une perpendiculaire sur un cercle dont le centre est inconnu.*

Prenant le point M (fig. 28, pl. 1) comme centre, et avec une ouverture de compas quelconque, tracez un arc de cercle coupant la circonférence en deux points C′, B′. Des points C′ et B′ comme centres, décrivez deux arcs de cercle qui se coupent en D′. La ligne MA′D′ sera la perpendiculaire demandée.

EXERCICE IV. — *Trouver le centre d'un cercle ou d'un arc de cercle.*

Prenez au hasard, sur la circonférence ou sur l'arc, deux points A″, A ;

(fig. 28, pl. 1) de ces points comme centres, et avec un même rayon, décrivez deux arcs de cercle, qui couperont la circonférence en C, B, C″, B″; de ces points comme centres décrivez des arcs de cercle qui se couperont en P et D″. Tirez les lignes D″A″ et PA: leur point d'intersection O sera le centre du cercle.

EXERCICE V. — *Mener une tangente commune à deux cercles.*

1er *cas* (fig. 30, pl. 1). Soient X et Y les deux cercles. Du centre Y décrivez un cercle égal à X. Du point Z′, avec un rayon égal à la moitié de XY, décrivez un cercle; celui-ci coupera le petit cercle en HI. Tirez les lignes YH et YI, prolongez-les jusqu'à la rencontre du grand cercle en J et K.

Menez à XH et XL les deux parallèles PJ et QK, qui seront des tangentes communes aux deux cercles X et Y.

2e *cas.* Soient X et O les deux cercles. Décrivez un cercle, en prenant le point Z comme centre, et avec un rayon OZ étant la moitié de OX. Des points O et Z décrivez deux arcs de cercle avec un rayon de OZ, qui couperont la 1e circonférence en C, C′, F, F′. Tirez les lignes OC′ — OF et XC, XF. Joignez les points GE et BD, qui seront des tangentes aux cercles donnés.

EXERCICE VI. — *Inscrire dans un angle donné un cercle de* 16 *mm. de rayon tangent aux côtés de l'angle* (fig. 1, pl. 2).

Divisez l'angle donné BAC en deux parties égales par la bissectrice AD. A une distance de 16 mm. du côté AB menez une parallèle FG. Le point O d'intersection de cette ligne avec la bissectrice sera le centre du cercle tiré avec un rayon de 16 mm. et qui sera tangent aux deux côtés de l'angle BAC.

EXERCICE VII. — *Décrire un cercle qui touche les deux côtés d'un angle et passe par un point déterminé* (fig. 2, pl. 2).

Soit BAC l'angle donné; faites la bissectrice AD. D'un point quelconque O sur cette bissectrice décrivez un cercle tangent aux côtés des angles. Joignez le sommet A au point donné *r* par une ligne droite. Cette ligne coupe le cercle en *q*; tirez QO; menez *o′r* parallèle à *qo*. Le point O′ sera le centre d'un cercle, ayant pour rayon *o′r*, qui sera tangent aux deux côtés de l'angle et passera par le point donné *r*.

EXERCICE VIII. — *Avec un rayon de* 15 *mm. décrire un cercle qui soit tangent à la ligne droite* AB *et à un cercle de* 20 *mm. de rayon* (fig. 3, pl. 2).

Soit AB la ligne donnée située à une distance de 40 mm. du centre du cercle donné O.

1er *cas.* Du centre O élevez sur AB une perpendiculaire; à une distance de 15 mm. menez FG parallèle à AB. Du centre *o*, avec un rayon de 20 + 15 = 35, décrivez un arc de cercle qui coupera en O′ la ligne FG. Avec un rayon de 15 mm. décrivez un cercle : celui-ci sera tangent à la ligne AB et au cercle donné.

2e *cas.* Par le point H distant de 15 mm. du centre O menez HI parallèle à AB. Du point O comme centre, avec un rayon de 40 mm., décrivez

un arc de cercle qui coupera la ligne HI en I. I sera le centre du cercle ayant pour rayon IL qui sera tangent à la ligne droite et au cercle O.

Dans le premier cas le cercle demandé est extérieurement tangent, dans le 2ᵉ cas il est tangent intérieurement, mais le rayon du cercle n'était pas donné.

Exercice IX. — *Tracer un cercle de* 10 *mm. de rayon qui soit tangent à deux cercles, l'un de* 20 *et l'autre de* 15 *mm., dont les centres sont à une distance de* 40 *mm.* (fig. 4, pl. 2).

Comme dans l'exemple précédent on doit distinguer deux cas.

1ᵉʳ *cas :* Le cercle doit toucher extérieurement les deux cercles donnés.

Soit O — O′ la distance des centres, égale à 40 mm. Décrivez les cercles de 20 mm. et de 15 mm. de rayon. Du centre O, avec un rayon de $20 + 15 = 35$ mm., décrivez un arc de cercle ; du centre O′ avec un rayon de $15 + 10 = 25$ mm. décrivez aussi un arc de cercle qui coupera le premier en O″. Ce point sera le centre d'un cercle de 10 mm. de rayon qui sera tangent aux deux cercles donnés.

2ᵉ *cas :* Le cercle doit toucher intérieurement. Le rayon de ce cercle n'est pas donné.

Du centre O, avec un rayon de $20 + 10$ et du centre O′ avec un rayon de $25 + 10$, décrivez deux arcs de cercle qui se couperont en O‴ : ce point sera le centre du cercle tangent NM.

Exercice X. — *Une ligne* AB *est à* 20 *mm. de distance du centre d'un cercle ayant un rayon de* 10 *mm. Le point* P *sur la ligne* AB *est distant de* 32 *mm. du même centre. On demande de décrire un cercle qui soit tangent à la ligne* AB *au point* P, *ainsi qu'au cercle donné* (fig. 6, pl. 2).

Il faut encore distinguer deux cas, l'un où le cercle est extérieur l'autre où il est intérieur.

1ᵉʳ *cas :* Du point donné P menez la perpendiculaire GO′ sur AB. Prenez PG = 10 mm., c'est-à-dire le rayon du cercle donné. Réunissez les points G et O par une ligne droite. Tracez la ligne perpendiculaire DH sur le milieu de GO. Cette ligne coupera la ligne GO″ et O′, qui sera le centre du cercle demandé, ayant O′P comme rayon.

2ᵉ *cas :* Donnez à PC une longueur de 10 mm., réunissez les points CO ; menez sur le milieu de cette ligne une perpendiculaire, qui coupera GO″ en O″. Ce point sera le centre, et O″P le rayon du cercle qui sera tangent intérieurement aux cercles donnés.

Exercice XI. — *La ligne* AB *est à une distance de* 20 *mm. du centre d'un cercle de* 10 *mm. de rayon. On demande de décrire un cercle qui soit tangent à la ligne donnée ainsi qu'au cercle donné en un point* E (fig. 7, pl. 2).

Joignez le centre O et le point E par une ligne droite, prolongez cette ligne à volonté, jusqu'en X. Tracez la ligne EC percendiculaire à EX, et qui coupe la ligne droite AB en C. Décrivez du point C comme centre, avec un rayon CE, un arc de cercle GED. Des points G et D abaissez sur la ligne AB des perpendiculaires qui couperont la ligne

O′O″. Nous aurons le centre O′ et le rayon O′G du cercle qui sera tangent extérieurement; O″ sera le centre et O″D le rayon du cercle qui sera tangent intérieurement.

EXERCICE XII. — *Deux points* G *et* F *sont à une distance de* 25 *mm. l'un de l'autre*; F *est à une distance de* 30 *mm. et* G *à* 20 *mm. de distance d'une ligne droite* AB. *On demande de décrire une circonférence qui passe par les deux points donnés, et soit tangente à la ligne* AB (fig. 5, pl. 2).

Soient G et F les deux points distants de 25 mm.; entre F et la ligne AB il y a 30 mm., et entre G et AB il y a 20 mm.

Du point G comme centre, et avec un rayon de 25 mm., décrivez un arc de cercle qui coupe la ligne parallèle EF au point F. Joignez FG par une ligne droite, prolongez-la jusqu'à ce qu'elle rencontre AB en H.

Cherchez maintenant une moyenne proportionnelle (1) entre FH et GF et placez cette longueur sur HN.

Sur le milieu de la ligne FG élevez une perpendiculaire; élevez de même du point N une perpendiculaire sur AB : le point d'intersection O de ces deux lignes sera le centre du cercle demandé, ON, OG et OF seront ses rayons.

EXERCICE XIII. — *Le point* P *est à* 60 *mm. du centre d'un cercle ayant* 15 *mm. de rayon. On demande* (fig. 8, pl. 2) *de tirer une ligne droite partant du point* P *qui coupe le cercle donné, de manière que la corde de l'arc* EBD *aît* 25 *mm. de longueur*.

Avec une ouverture de compas de 25 mm., indiquez en une partie quelconque du cercle une corde de 25 mm., soit en AB. Elevez sur le milieu de cette corde une perpendiculaire CO. Décrivez un cercle du centre O avec CO pour rayon. Menez la ligne PDE tangente à ce cercle. Cette tangente coupera le cercle et la corde ED aura 25 mm.

EXERCICE XIV. — *Construire une parabole dont la base* AB *et l'abscisse* CD *sont connues* (fig. 9, pl. 2) (2).

Si un cône droit est coupé par un plan parallèle à son apothème, la ligne que produit cette section à la surface du cône est courbe et se nomme parabole.

Faites le parallélogramme AEFB. Divisez chacune des lignes AE et AC en un nombre quelconque de parties égales, par exemple en 6 parties chacune. Des points de division de la ligne AC, menez des parallèles

---

(1) Si on abaisse d'un point A d'une circonférence une perpendiculaire sur le diamètre, cette ligne est une moyenne proportionnelle entre les deux parties du diamètre.

Pour trouver une moyenne proportionnelle entre deux lignes données AB et BC (fig. 5bis) on les place bout à bout sur une même ligne droite, on décrit sur la ligne AC un demi-cercle et l'on élève au point B la perpendiculaire BD. La ligne BD sera la moyenne proportionnelle entre AB et AC.

(2) Une *Abscisse* est une ligne droite (l'une des coordonnées), qui sert à déterminer la position d'un point dans une courbe plane.

Les *Ordonnées* sont des lignes parallèles entre elles tirées de la ligne des abscisses vers les points de la ligne courbe.

à l'axe CD; et des points de division de la ligne AE, menez des lignes droites vers le sommet D. La ligne courbe passant par les points d'intersection de ces deux séries de lignes formera une parabole.

Exercice XV. — *Décrire une hyperbole dont le diamètre* AP, *l'abscisse et double ordonnée* CE *sont connues* (fig. 10, pl. 2).

Si un cône droit est coupé par un plan parallèle à son axe, la ligne courbe que produit cette section sur la surface de ce cône se nomme hyperbole.

Pour construire une hyperbole, faites le rectangle EDFG. Divisez DC et DF en un même nombre de parties égales, par exemple en sept. Du point B tirez les lignes B1, B2, B3, etc., puis tirez les lignes AD, A6, A5, etc. Les points d'intersection de ces lignes avec celles tirées du point B formeront l'hyperbole.

Exercice XVI. — *Décrire une ellipse dont le grand et le petit axe sont connus* (fig. 11, pl. 2).

Si un cône droit est coupé par un plan qui ne touche pas la base, la ligne courbe formée sur la surface extérieure sera une *ellipse.*

Les axes sont perpendiculaires entre eux et déterminent la *largeur* et la *longueur* de l'ellipse. Deux points du grand axe, nommés *foyers* de l'ellipse, possèdent les particularités suivantes : la somme des distances de ces deux foyers à un point de l'ellipse est toujours égale à la longueur du grand axe.

Pour déterminer les foyers (fig. 13, pl. 2) on décrit de l'extrémité du petit axe un arc de cercle ayant pour rayon la moitié du grand axe. Les deux points d'intersection F et F′ seront les foyers.

Marquez entre B et F′ quelques points comme 1, 2, 3, 4, 5 et 6. Il est préférable de les rapprocher un peu à mesure qu'on approche du foyer.

Du foyer F, avec un rayon égal à 1A, décrivez un arc de cercle P, et de F′, avec un rayon 1B, décrivez l'arc de cercle Q : le point d'intersection de ces deux arcs sera un point de l'ellipse. Puis de F avec un rayon A2 et de F′ avec un rayon 2B, tracez de nouveaux arcs, qui donneront le point d'intersection 2. Continuez ainsi pour tous les points. Par tous ces points d'intersection faites passer une ligne courbe qui sera le 1/4 de l'ellipse. Recommencez pour les trois autres côtés cette même opération.

Il existe une 2e *manière* de décrire une ellipse quand les deux axes sont connus (fig. 12, pl. 2) :

Tracez les axes AB et CD percendiculaires entre eux, de telle manière qu'ils se coupent mutuellement en deux parties égales. Décrivez deux cercles du point E comme centre, avec des rayons équivalant à la moitié de chacun des deux axes. Divisez la plus grande circonférence en un certain nombre de parties égales; de tous ces points tirez des rayons. De cette manière le petit cercle aussi sera divisé en un nombre égal de parties équivalentes entre elles. Abaissez de tous les points de division de la grande circonférence des perpendiculaires sur le grand axe, et des points de division de la petite circonférence des perpendiculaires sur le petit axe. Les points d'intersection des lignes correspondantes seront ceux par où doit passer l'ellipse.

EXERCICE XVII. — *Elever une perpendiculaire en un point déterminé d'une ellipse* (fig. 11, pl. 2).

Soit le point 4, menez les lignes des foyers F4 et F'4, prolongez-les, divisez l'angle G4H en deux parties égales par la ligne 4I. Cette ligne sera la perpendiculaire demandée.

EXERCICE XVIII. — *Mener une tangente à un point déterminé d'une ellipse* (fig. 11, pl. 2).

Le point donné est J, menez les lignes FJ et F'J, prolongez-les; divisez l'angle KJL en deux parties égales par la bissectrice JN, qui formera la tangente demandée.

EXERCICE XIX. — *L'ellipse est donnée. Chercher les deux axes et les foyers* (fig. 13, pl. 2).

Menez deux cordes AB et CD parallèles entre elles, divisez chaque corde en deux parties égales, joignez E, F par la ligne droite G H; cette ligne partagera l'ellipse en deux parties égales. Du point I (milieu de GH) décrivez un cercle (avec un rayon à volonté) qui coupera l'ellipse aux points JHKG. Joignez ces quatre points; vous obtiendrez un rectangle tracé dans l'ellipse.

Sur le milieu de JH et de HK élevez des perpendiculaires qui se couperont : vous obtiendrez ainsi les deux axes ML et NO.

Pour déterminer les foyers, décrivez du point N, extrémité du petit axe, un arc de cercle égal à la moitié du grand axe: les points F et F' seront les foyers.

EXERCICE XX. — *Deux lignes droites* AC *et* BQ *formeraient en se prolongeant un angle en* D. *On demande de réunir ces deux lignes au moyen d'un arc de cercle dont le rayon soit de* 15 *mm.* (fig. 14, pl. 2).

Formez le sommet D de l'angle en prolongeant les deux côtés. Menez la bissectrice DM.

Menez à une distance de 15 mm. une parallèle *mn* à la ligne DQ : elle coupera la bissectrice en un point O qui sera le centre de l'arc demandé.

Les figures 15 et 16 représentent des exercices du même genre.

La figure 17 est une ligne mixte et représente l'application des cercles tangents, décrits plus haut.

EXERCICE XXI. — *Réunir par un arc de cercle de* 22 *mm. de rayon deux cercles ayant leurs centres en* O *et* O' (fig. 19. pl. 2).

Décrivez du centre O, avec un rayon OA + 22 mm. un arc de cercle O''. Du point O' comme centre, avec un rayon O'B + 22 mm., tracez un second arc de cercle. Le point d'intersection O'' de ces deux arcs sera le centre de l'arc qui reliera les deux cercles donnés.

EXERCICE XXII. — *Réunir par un arc de cercle deux cercles de* 12 *et de* 15 *mm. de rayon. Le point de contact d'un de ces cercles est* B (fig. 19, pl. 2).

Soit le point O' centre du cercle de 15 mm. et le point B. Tirez le rayon O'B, prolongez-le d'une longueur indéterminée.

Prenez BC = 12 mm. rayon du petit cercle, tirez CO, faites BA parallèle à CO; tirez OA, prolongez cette ligne jusqu'à la rencontre de la ligne O'B prolongée. Le point D sera le centre de l'arc de cercle demandé et DA sera son rayon.

EXERCICE XXIII. — *Combinaison de plusieurs lignes droites et courbes, par exemple le bâti d'une mécanique* (fig. 20, pl. 2).

Pour dessiner ce bâti, commencez par indiquer la base CD au moyen d'une ligne horizontale. L'axe AB est perpendiculaire à la base. Faites CB = BD. Tracez le rectangle GEFH. Indiquez les lignes auxiliaires à l'endroit où les parties rectilignes cessent.

Continuez à tracer les lignes auxiliaires 1-2-3, 5-4, 6-7, etc., qui indiquent clairement la manière de procéder.

Ces lignes sont nécessaires pour déterminer les points où doivent commencer les parties courbes et aussi pour indiquer les centres des arcs de cercle.

La où deux arcs de cercle doivent se réunir les deux centres seront toujours situés sur une même ligne droite, comme l'indique la ligne courbe 5-6-8-10.

Le centre 4, le point de contact 6 et le centre 7 sont situés sur une même ligne droite.

La ligne courbe 14-16 D a comme centre le point 15, comme point de contact le point 16 et comme second centre le point 17. Ces trois points sont situés sur une même ligne droite.

Quand on dessine au crayon, on fait d'abord les lignes droites, puis les arcs de cercle. Quand on emploie l'encre on commence par les arcs de cercle et on finit par les lignes droites, afin de faciliter les raccords.

Instruments et outils nécessaires pour relever les différentes dimensions des pièces mécaniques.

Il est indispensable qu'un jeune dessinateur sache faire à main levée le croquis d'une pièce mécanique. La plupart de nos ouvriers en sont incapables, ce qui s'explique par une lacune qui existait dans l'enseignement jusqu'il y a quelque temps et qui à heureusement disparu, grâce aux écoles industrielles et professionnelles. Nous devons reconnaître qu'actuellement les jeunes ouvriers ont fait énormement de progrès sous ce rapport.

Savoir prendre un bon croquis est une chose capitale pour le dessinateur et principalement pour les artisans qui ont à s'occuper de machines. Les débutants doivent s'exercer tout d'abord à faire les croquis, apprendre comment il faut relever les dimensions des différentes pièces et comment il faut indiquer celles-ci sur le dessin. Le but à atteindre est de pouvoir faire sur une échelle déterminée le dessin d'un objet donné.

Combien de fois n'arrive-t-il pas dans la pratique qu'une pièce de mécanique se casse et soit mise hors d'usage. On doit dans ce cas faire tout d'abord le croquis de la pièce cassée, pour le remettre au modeleur, puis au tourneur et à l'ajusteur.

Ces artisans ne sauraient achever cette pièce dans de bonnes conditions si le dessin n'est pas correct. Ils doivent y trouver toutes les indications nécessaires pour pouvoir produire une bonne pièce convenablement achevée, et qui soit identique sous tous les rapports à la pièce cassée.

Compas (fig. 27, pl. 3). Ce compas est fait de telle manière que l'on puisse ajuster dans les branches différentes pièces de rechange.

Les pièces AA servent à prendre les dimensions dans les ouvertures ou les trous, les pièces BB les mesures extérieures, épaisseurs ou hauteurs des pièces, les pièces CC servent à faire les divisions ou à mesurer des lignes droites. La pièce D est munie d'un porte-crayon pour tracer des cercles. Pour prendre des dimensions bien exactes et éviter que les branches du compas ne se déplacent après avoir relevé une mesure, on prend d'abord celle-ci approximativement, puis avec les deux écrous molettés *yy* on fait le réglage exact et on fixe les branches au moyen d'un écrou à ailettes *z*.

Compas d'épaisseur. On prend les épaisseurs des arbres, cylindres et autres pièces rondes ou plates au moyen d'un compas dont les branches sont recourbées, et à pointes arrondies.

Il est de toute impossibilité de prendre une mesure exacte, quand le

tourillon ou la charnière sont trop serrés et aussi quand le frottement est irrégulier ; il s'ouvre alors et se ferme par saccades.

La fig. 29 nous montre un compas qui est réglable : On prend d'abord la mesure approximative de la pièce et puis, à l'aide de la vis A, on le règle très vite et très exactement et l'on conserve ainsi en outre la dimension prise.

La fig. 24 est un *compas d'intérieur* pour mesurer les ouvertures, les diamètres intérieurs des cylindres, des pompes, etc. etc.

La fig. 25 est un *compas en acier à ressort à tension invariable.*

Les branches sont réunies par un ressort recourbé plat qui tend toujours à l'ouvrir autant que possible. A l'une des branches est fixée une vis qui passe librement à travers l'autre branche; cette vis est munie d'un écrou A.

Cet écrou dans les compas perfectionnés est fait d'une manière spéciale. Il suffit de presser le bouton de l'écrou pour que celui-ci s'ouvre; par la force du ressort les branches du compas s'écartent, et, aussitôt que la dimension approximative est prise, on laisse le bouton et on règle la vis jusqu'à ce que l'on obtienne la dimension exacte.

Compas à ressort d'intérieur (fig. 26). C'est le même compas que le précédent mais servant à prendre les dimensions intérieures.

Trusquin universel (fig. 32). Les mécaniciens emploient le trusquin pour tracer des parallèles à différentes hauteurs sur les pièces mécaniques. Il est composé d'un socle ou pied A dont le dessous forme une surface bien unie. Le porte-tige oscillable est placé sur un tourillon B fixé au socle A. Ce porte-tige peut aussi, au moyen d'une vis de réglage X, être incliné vers la droite ou la gauche. La tige mobile FG est fixée à n'importe quel angle. Le déplacement du porte-outil C est réglable ainsi que le burin D.

Equerres en acier (fig. 28, 29). Les équerres servent à vérifier les angles droits et à s'assurer si les différentes pièces sont bien perpendiculaires l'une à l'autre. On en fait à deux branches et aussi en forme de T. Cette dernière disposition est beaucoup employée pour tracer les rainures des clavettes à l'intérieur des moyeux des roues ou poulies.

Fausse équerre à combinaisons multiples (fig 33). Ceci est une équerre dont les deux parties C et D sont réunies par une charnière. On l'emploie principalement pour mesurer les angles. Elle est particulièrement recommandable pour la construction des engrenages coniques; elle permet en effet de régler simultanément 2 angles différents.

Fil à plomb (fig. 31). Quand un poids suspendu à une ficelle pend librement, la ficelle prend toujours une direction uniforme : la ligne qu'elle indique est la verticale (1).

(1) Une ligne verticale ne peut être confondue avec une perpendiculaire. La première est toujours perpendiculaire à une ligne horizontale, tandis que la seconde peut être perpendiculaire à une ligne oblique.



On peut dévisser la pointe A du fil à plomb (fig. 30) et la retourner dans le corps cylindrique B pour empêcher qu'elle ne se dégrade. Le modèle de la fig. 31 est le plus en usage pour le placement des arbres de transmission et des machines à vapeur. Il est en acier fondu, évidé et rempli de mercure pour obvier aux oscillations. Pour maintenir immobile le fil à plomb on le plonge dans un petit récipient rempli d'huile.

Pied à vernier (fig. 34). Cet instrument sert à prendre des dimensions extérieures et intérieures. Il est muni d'une vis micrométrique et d'un vernier, qui indique jusqu'à 1/10 de mm.

La fig. 35 représente un instrument identique servant à mesurer exactement les profondeurs des trous matrices et de parties analogues. La position à angle droit de la coulisse par rapport à l'objet à mesurer est assurée par l'effet de la longueur et de la largeur de la surface de buttée. Une vis micrométrique permet d'ajuster exactement la coulisse de la règle de 120 mm. de longueur.

Centres sphériques. La fig 38 nous montre des centres sphériques à placer dans des trous forés, et permettant de tracer directement des cercles concentriques autour d'un trou. Le centrage est parfait, grâce à la boule. C'est un objet qui contribue beaucoup à la justesse du travail et aussi à sa rapidité d'exécution.

Jauge micrométrique à coulisses (fig. 36). La jauge à coulisses sert à prendre des mesures au centième de millimètre. Généralement une partie glisse dans une autre.

La fig. 37 représente un instrument basé sur les mêmes principes; il est muni à l'une de ses extrémités d'une règle horizontale destinée à amener les deux pointes aux points exacts du corps rond à mesurer. Cet instrument s'emploie le plus souvent pour mesurer les cylindres à vapeur.

PLANCHE 4.

Boulons et Ecrous.

Le boulon se compose de deux parties, savoir la tige filetée et l'écrou.

On donne le nom de filet aux hélices qui sont taillées sur la tige cylindrique du boulon ainsi qu'à l'intérieur du trou de l'écrou.

Si on enroule autour d'un cylindre une feuille de papier ayant la forme d'un triangle rectangle de manière que la base de ce triangle soit perpendiculaire à l'axe du cylindre, l'hypoténuse formera une ligne courbe nommée *hélice*. Si une pointe ou un burin se déplace le long de la surface d'un cylindre, dans le sens de son axe, si en même temps cette pointe reste perpendiculaire à cet axe, et si, en outre, le rapport des vitesses de ce cylindre et de cette pointe reste la même, il se formera sur la surface de ce cylindre une ligne courbe qui sera une *hélice*.

Application : Filetage sur tours.

Dans les tours à fileter le cylindre tourne pendant que le burin se déplace dans la direction de l'axe.

Voici comment on peut représenter familièrement ce qu'est un *pas-de-vis* : on enroule une ficelle autour d'un cylindre quelconque (un crayon par exemple), en suivant l'hélice qui a été taillée dans ce cylindre. Chaque tour du cylindre ou de l'hélice est un pas-de-vis ou simplement un *pas*.

L'angle formé par l'obliquité des hélices et par un plan perpendiculaire à son axe se nomme *angle d'inclinaison*.

La hauteur d'un pas-de-vis, aussi nommé *pas* ou *vitesse*, est la distance, mesurée suivant son axe, entre le commencement et la fin d'un tour d'hélice, ou encore le chemin parcouru de l'écrou pour un tour complet du boulon.

Le cylindre, qui subsiste après l'enlèvement complet des filets, se nomme le *noyau* du boulon.

La profondeur ou la saillie des filets est la différence entre le diamètre extérieur et celui du noyau.

On désigne les filets suivant la direction qu'ils prennent sur le boulon, en *filets droits* et *filets gauches*.

Les filets se distinguent encore d'après leur forme :

1° *Filet triangulaire*, dont la section forme un triangle isocèle.
2° *Filet rond ou cylindrique*, dont la section forme des demi cercles.
3° *Filet carré*, dont la section forme un carré ou un rectangle.
4° *Filet forme trapèze*, dont la section forme un trapèze.

La fig. 1, pl. 4, nous montre la section d'un filet triangulaire dit *Whitworth*.

L'angle est de 55° (l'angle du sommet du triangle isocèle) p est le pas.

L'arrondi extérieur et du fond est égal à $\frac{1}{6}$ de la hauteur du triangle h et un rayon à 0,143 de la même hauteur.

D est le diamètre extérieur et D′ le diamètre du noyau.

Pour déterminer la finesse et la grosseur des filets, on donne le nombre de pas par pouce anglais.

Boulons à filets triangulaires (Système Whitworth).

Diamètre extérieur du filet		Nombre de pas au pouce		Pas en millimètres.	Charge de sécurité en kilogr.
en pouces anglais.	en millimètres.	au pouce anglais.	au centimètre.		
1/4	6.350	20	7.87	1.27	48
5/16	7.937	18	7.08	1.41	81
3/8	9.525	16	6.30	1.59	118
7/16	11.112	14	5.51	1.81	164
1/2	12 700	12	4.72	2.11	215
5/8	15 875	11	4.33	2.31	470
3/4	19.050	10	3.92	2.54	542
7/8	22.225	9	3.54	2.82	752
1	25.400	8	3.14	3.18	998
1 1/8	28.574	7	2.75	3.63	1250
1 1/4	31.749	7	2.75	3.63	1590
1 3/8	34.924	6	2.36	4.23	1900
1 1/2	38.099	6	2.36	4.23	2350
1 5/8	41.274	5	1.96	5.08	2740
1 3/4	44.449	5	1.96	5.08	3140
1 7/8	47.624	4 1/2	1.77	5.64	3590
2	50.799	4 1/2	1.77	5.64	4140
2 1/4	57.149	4	1.57	6.35	5280
2 1/2	63.499	4	1.57	6.35	6750
2 3/4	69.849	3 1/2	1.37	7.25	8030
3	76.199	3 1/2	1.37	7.25	9820

La fig. 2, pl. 4 représente la section du filet système Seller ou Américain (U. S.). La section est égale à un triangle équilatéral avec angle au sommet de 60°.

La troncature est égale à $\frac{1}{8}$ de la hauteur h du triangle; il reste donc $\frac{3}{4}$ de h pour la hauteur effective du filet.

d = diamètre extérieur du filet; d' = diamètre du noyau.

Boulons système Seller ou Américain (U. S.).

Diamètre extérieur du filet		Nombre de filets au pouce anglais.	Pas en millimètres.	Diamètre intérieur du filet	
en pouces anglais.	en m/m.			en pouces anglais.	en m/m.
1/4	6.35	20	1.27	0.185	4.70
5/16	7.94	18	1.41	0.240	6.09
3/8	9.54	16	1.59	0.294	7.05
7/16	11.10	14	1.81	0.344	8.737
1/2	12.70	13	1.95	0.400	10.16
9/16	14.28	12	2.12	0.454	11.53
5/8	15.88	11	2.31	0.507	12.88
3/4	19.05	10	2.54	0.620	15.75
7/8	22.22	9	2.82	0.731	18.57
1	25.4	8	3.18	0.837	21.26
1 1/8	28.58	7	3.63	0.940	23.87
1 1/4	31.70	7	3.63	1.065	27.05
1 3/8	34.92	6	4.23	1.160	29.46
1 1/2	38.10	6	4.23	1.284	32.61
1 5/8	41.28	5 1/2	4.62	1.389	35.28
1 3/4	44.45	5	5.08	1.490	37.84
1 7/8	47.62	5	5.08	1.615	41.02
2	50.80	4 1/2	5.65	1.712	43.48
2 1/4	57.15	4 1/2	5.65	1.962	49.83
2 1/2	63.50	4	6.35	2.175	55.24
2 3/4	69.85	4	6.35	2.425	61.59
3	76.20	3 1/2	7.26	2.620	66.57

La fig. 3, pl. 4 représente la section d'un filet carré. Le filet carré est le seul employé pour les boulons qui doivent exercer un effort considérable et aussi pour ceux sur lesquels l'écrou doit passer très souvent, comme dans les étaux, les presses à vis, les vis pour les tours, et les machines à raboter, etc.

Le filet carré n'a que la moitié du nombre de pas du filet en V.

La hauteur est égale à $\frac{p}{2}$ ou à la moitié du pas.

La fig. 4, pl. 4 représente le filet le plus fréquemment employé pour vis de presses où l'effort ne s'exerce que d'un seul côté.

L'angle formé est de 45° et un des côtés du triangle rectangle est perpendiculaire à l'axe du boulon. La hauteur est de $\frac{3}{4}p$.

La fig. 5, pl. 4 représente un filet arrondi, employé généralement là où

l'écrou fendu doit faire son travail, principalement dans les tours où l'écrou doit être embrayé ou débrayé à chaque moment.

La fig. 6, pl. 4 représente la section d'un filet système métrique adopté par l'Association des Ingénieurs allemands. La section du filet est un triangle isocèle inscrit dans le carré et ayant un angle au sommet de 53°8'. La troncature est égale au $\frac{1}{8}$ de la hauteur du triangle h.

d = diamètre extérieur du filet; d_1 = diamètre du noyau.

La fig. 7, pl. 4 représente la section d'un filet Système International (adopté par le Congrès de Zurich en 1898). Le triangle est équilatéral. Les angles ont donc 60°.

La troncature est égale à $\frac{1}{8}$ de la hauteur du triangle h. L'arrondi ne doit pas dépasser le $\frac{1}{16}$ de la hauteur h du triangle primitif.

On remarque que le sommet du filet est plat tandis que le fond est arrondi. Il en est de même pour l'écrou. De cette manière il ne se produit que peu de frottement dans le fond puisqu'il n'y a pas de surfaces qui se touchent.

La fig. 8, pl. 4 représente un filet en forme de trapèze, souvent employé dans les machines à raboter. L'angle formé par le prolongement des côtés est de 29°.

La fig. 9, pl. 4 représente un boulon à filets triangulaires, dans lesquels xy est le pas, ad = le diamètre extérieur du filet, et $e4$ le diamètre du noyau. Divisez chaque quart de cercle en 4 parties égales, ainsi que le quart du pas. Elevez de ces points des perpendiculaires, et des points du pas menez des parallèles jusqu'à ce que chacune des lignes coupe celle qui porte le même numéro. Joignez les points d'intersection et vous obtiendrez le dessin d'un pas de vis.

Afin d'obtenir un angle de 55° sans rapporteur, décrivez un quart de cercle $hi = 90°$. Faites hc égal à la longueur du rayon de l'arc décrit, l'angle $cbh = 60°$

Divisez l'angle droit en deux parties égales de 45°.

Divisez l'arc de cercle dc en 3 parties égales et ajoutez en 2 à l'arc de 45°, vous obtiendrez ainsi un angle de 55°.

En effet

$$\frac{90°}{2} = 45°$$

$$60° - 45° = 15°; \qquad \frac{15}{3} = 5° \qquad 5° \times 2 = 10°$$

$$45° + 10° = 55°.$$

La fig. 10, pl. 4 représente un filet carré; on suivra pour le dessiner la même méthode que celle qui est décrite ci-dessus.

La fig. 11, pl. 4 représente le filet employé généralement pour les presses.

La fig. 12 indique comment on représente dans les dessins le filet triangulaire.

Les fig. 13 et 14 indiquent comment on représente un pas à gauche et un pas à droite de forme rectangulaire.

La fig 15 représente un filet carré à gauche à double pas (1).

La fig. 16 indique un autre moyen de représenter un filet dans un dessin.

La fig. 17 indique un moyen pratique pour dessiner l'hélice d'un filet au moyen d'un gabarit. Prenez une latte en tilleul d'une épaisseur de 1 à 1 1/2 millimètre et d'une longueur AB égale au diamètre extérieur du filet, la hauteur AD étant égale au pas.

Divisez le pas en 8 parties égales par des parallèles à la base A B. Sur une feuille de papier quelconque décrivez un demi cercle, ayant un diamètre égal AB. Divisez-le en 8 parties égales. Projetez les points de division sur la ligne AB et prolongez-les jusqu'à la rencontre respective des lignes portant les mêmes chiffres. Les points d'intersection *m*, *n*, *o*, *p*, *q*, *r*, *s*, formeront le courbe qui représente l'hélice.

Au moyen d'un canif, d'une lime douce et de papier de sable, on découpera la partie DA, *m*, *n*, *o*, *p*, *q*, *r*, *s*, C. On exécutera ce travail avec le plus grand soin afin d'obtenir un courbe parfaite.

La latte qu'on obtient est placée sur les divisions faites au crayon dans le dessin du boulon, correspondant à celles qui se trouvent sur la latte. On veillera avec soin à ce que la ligne AB de la latte soit toujours perpendiculaire à l'axe du boulon. Après le placement exact on n'a plus qu'à suivre la courbe avec le crayon ou avec le tire-ligne.

On exécute la même opération pour l'hélice intérieure du filet.

EXERCICES.

1° Dessinez en grandeur naturelle un boulon à filet triangulaire (système Whitworth) d'un diamètre extérieur de 2 1/2 pouces (64 mm.).

2° Dessinez en grandeur naturelle un boulon d'un diamètre extérieur de 3 pouces (filet carré ayant un pas de 3 au pouce).

3° Dessinez en grandeur naturelle un boulon à filet carré double pas. Le diamètre extérieur du filet est 4 pouces, le pas 1 1/2.

4° On demande le dessin en grandeur naturelle d'un boulon de 75 mm. de diamètre extérieur du filet, suivant le système métrique.

PLANCHE 5.

Les pièces qui se présentent le plus fréquemment dans les dessins sont des boulons et des écrous. Il est indispensable pour un dessinateur, qu'il sache les dessiner rapidement et d'une manière parfaite.

---

(1) Si le filet est à double pas, la hauteur d'inclinaison doit être prise en considération, c'est-à-dire qu'elle se double.

Un pas double a deux commencements, un pas triple en a trois. Ils ont donc deux ou trois hélices séparées, tout en conservant le même pas.

L'angle d'inclinaison dans un filet à deux ou trois pas est double ou triple de celui du filet simple du même pas. Il en résulte que les dents dans une roue s'engrenant dans une vis sans fin, seront bien plus obliques si la vis sans fin a 2 ou 3 pas.

Pour dessiner un boulon on doit avoir une connaissance exacte de l'effort auquel il doit pouvoir résister. La résistance croit avec le diamètre. Si le diamètre est connu, les autres dimensions seront facilement déterminées, comme le pas, la hauteur et les autres dimensions de la tête et de l'écrou.

Soit K = l'effort.
d^1 = diamètre du noyau.

On a

$$\left.\begin{aligned} K &= 2,2 \times d_1^2 \\ d_1 &= 0,67 \sqrt{K} \end{aligned}\right\} \text{pour les grands boulons.}$$

$$\left.\begin{aligned} K &= 1,29 \times d_1^2 \\ d_1 &= (0,72 \sqrt{K}) + 1,4 \end{aligned}\right\} \text{pour les petits boulons.}$$

Soit d = le diamètre extérieur du filet,
S = pas,
t = profondeur du filet.

On aura pour les boulons à filet triangulaire :

$$S = (0,08 \times d) + 1$$

d'où

$$d = \frac{S - 1}{0,08}.$$

$$t = \frac{19}{30} \times S \quad \text{ou} \quad t = 0,64 \times S.$$

Le trou de l'écrou ou $d_1 = d - 2t$ (1) :
H = hauteur de l'écrou,
D = diamètre de la circonférence inscrite dans l'écrou achevé,
D^1 = diamètre de la circonférence circonscrite à l'écrou,
U = diamètre de la rondelle,
u = hauteur de la rondelle,
h = hauteur de la tête carrée du boulon.

On a

$$\begin{aligned} H &= d \\ D &= 5 + (1.4 \times d) \\ D^1 &= 7 + (1.45 \times d) \\ U &= \frac{4}{3} D \\ u &= \frac{D}{10} \\ h &= 0,7\, d. \end{aligned}$$

(1) Pour le filet carré on a

$$S = 2 + (0,09 \times d),$$

$$d = \frac{S - 2}{0,09}, \qquad t = \frac{S}{2},$$

$$d_1 = d - S.$$

Pour un boulon à filet triangulaire de 30 mm. de diamètre extérieur, on aura les dimensions suivantes :

$$\text{Pas} = 1 + (0{,}08 \times 30) = 3{,}4 \text{ millimètres,}$$
$$\text{profondeur } t = 0{,}64 \times 3{,}4 = 2{,}17 \quad \text{»}$$
$$d_1 = 30 - (2 \times 2{,}17) = 25{,}7 \quad \text{»}$$
$$\text{H} = 30 \text{ mm.,}$$
$$h = 30 \times 0{,}7 = 21 \text{ mm.,}$$
$$\text{écrou D} = 5 + (1{,}4 \times 30) = 47 \text{ mm.,}$$
$$\text{rondelle U} = 47 \times \frac{4}{3} = 62 \text{ mm.,}$$
$$u = \frac{47}{10} = 4{,}7 \text{ mm.}$$

Dessinez le boulon de 30 mm. de diamètre suivant les dimensions trouvées par les formules précédentes (fig. 1, pl. 5).

Tracez d'abord l'axe DM, prenez de chaque côté de cette ligne 15 mm., dessinez le corps du boulon, qui aura 30 mm de diamètre.

Du point *m* comme centre décrivez, avec un rayon de 15 mm., un cercle, et un autre de la moitié de 47 mm. pour l'écrou. Avec la même ouverture du compas divisez le cercle en 6 parties égales pour faire l'écrou hexagonal.

Pour faire la vue de face tirez les lignes FK et GL parallèles à une distance de H = 30 mm. Prolongez-les, projetez les points 4-3-2-1 sur ces parallèles, vous obtiendrez l'écrou carré KF-LG. Des points O et 3 comme centres, avec un rayon égal à la hauteur H = 30 mm., tirez deux arcs de cercle qui couperont les lignes 2-2 et 3-3 aux points 2-3 et 2′-3′ ; menez deux parallèles 4-5 et 6-7. Décrivez les arcs 4-2 et 3-5 ayant *m* et *n* comme centres. Faites les angles 7-6 8 et 6-7-8 de 30°. Achevez le côté opposé.

Pour dessiner pratiquement l'hexagone de l'écrou on décrit d'abord le cercle circonscrit. Du point 1, avec le même rayon, on décrit un arc de cercle qui coupe le cercle au point 6; on tire la ligne 16 et du centre *m* on décrit un cercle tangent à la ligne 1-6 ; on aura le cercle inscrit dans l'hexagone.

Au moyen des équerres de 30° et 60° (degrés des deux angles) on trace, comme l'indique la figure, les lignes 1-6 et 1-2; on fait la même opération au point 4; on joint 6-5 et 2-3 : on obtiendra l'hexagone sans le secours d'aucun compas.

Echelle de proportion pour les boulons et les écrous à filet triangulaire.

Il sera très utile de faire une échelle de proportions pour construire ou dessiner tous les boulons et écrous sans devoir refaire pour chaque diamètre tous les calculs; on n'aura qu'à consulter l'échelle.

Pour construire cette échelle on dessine un boulon et un écrou suivant les dimensions obtenues par les formules. Comme dans la fig. 1, pl. 5, nous avons pris pour type un boulon de 30 mm. de diamètre,

Sur une ligne AB perpendiculaire à la ligne *m n*, projetez les différents points du dessin de l'écrou, de la rondelle etc. : vous obtiendrez les points ou dimensions *dd*, DD, UU', *h* et *u*.

Les deux points *dd*, qui répondent au diamètre du boulon, seront réunis par deux lignes droites à un point quelconque O situé sur l'axe du boulon. Prolongez les lignes *do* jusqu'à ce que vous arriviez à y placer la ligne horizontale *p q* égale à 3 6 mm., qui coupera l'axe en O'.

La ligne *pq* ou 3,6 mm. provient de la formule pour les écrous hexagonaux achevés $D = 5 + (1,4 \times d)$ dont on la déduit quand on prend $D = 0$. La formule est constante et invariable, elle indique le rapport entre le diamètre D de l'écrou et le diamètre du filet. On en déduit que si D diminue, il en sera de même pour le second membre de l'équation : *d* diminuera aussi.

Par conséquent si, à la suite de ces diminutions $D = 0$, *d* deviendra inévitablement négatif et on aura la formule qui suit :

$$0 = 5 - (1.4 \times d)$$

d'où l'on déduit

$$d = \frac{5}{1,4} = 3,6 \text{ mm.}$$

Comme les autres dimensions restantes dépendent du diamètre D, on joindra les points DD comme les autres points projetés au point *o'*, qui se trouve sur le prolongement de la ligne des centres *n m*. Puis à des distances prises à volonté, on mènera des parallèles à AB et à chaque partie *dd* de chacune de ces lignes comprise entre les lignes *do* et *do* sera un diamètre de boulon, qui correspondra avec les autres dimensions indiquées sur cette même ligne.

Différents genres d'écrous.

La fig. 4 représente l'écrou à ailettes, dont la disposition a pour but de permettre de le fixer à l'aide des doigts.

Les fig. 5, 6, 7, 8 et 9 représentent des écrous circulaires. Celui de la fig. 5 a deux côtés plats; celui de la fig. 6 deux trous ronds sur la tête; celui de la fig. 7 deux rainures sur la tête; celui de la fig. 8 trois trous sur le côté et se fixe au moyen d'une broche; celui de la fig. 9 a 8 cannelures sur le côté et se fixe à l'aide d'une clef d'une construction spéciale.

La fig. 10 représente l'écrou hexagonal avec côté plat en dessous, tandis que celui de la fig. 11 est arrondi des deux côtés. Celui de la fig. 12 est un écrou avec rondelle d'une pièce; celui de la fig. 13 est un écrou creux, ce qui veut dire que la tête du boulon y est logée.

Celui de la fig. 14 est un écrou à base sphérique, ce qui permet au boulon de prendre sa position perpendiculaire tout en conservant l'effet de sa pression. L'écrou de la fig. 15 est un écrou carré.

Les écrous des fig. 6 et 7 sont le plus souvent employés comme écrous noyés, c'est-à-dire qu'ils ne dépassent pas la pièce à relier.

Dans des cas exceptionnels on emploie les écrous hexagones noyés, mais alors ils exigent une clef spéciale pour le serrage, par exemple dans les manchons pour accoupler les arbres de transmission.

Différentes têtes de boulons.

Fig. 16. Tête demi-sphérique avec prisonnier (le plus souvent triangulaire), qui empêche, lors du serrage, que le boulon ne tourne. Le prisonnier s'ajuste dans une entaille faite dans la pièce à serrer.

Fig. 17. Tête de boulon circulaire avec prisonnier.

Fig. 18. La tête représente un cône tronqué et est noyée dans la pièce à serrer; le boulon est, en outre, muni d'une petite vis de pression qui l'empêche de tourner.

Fig. 19. Tête ronde avec partie carrée en forme de pyramide tronquée, noyée dans la pièce, et empêchant le boulon de tourner.

Fig. 20. Tête demi-sphérique, plus deux parties saillantes.

Fig. 21. Tête plate, avec une partie carrée.

Fig. 22. Tête plate noyée et enfin, fig. 23, la même tête glissée dans une coulisse.

Les différentes dimensions sont côtées sur les figures.

Exercices.

1° Dessinez en grandeur naturelle un boulon de 20 mm. de diamètre, avec un écrou hexagone.

2° Dites dans quels cas les écrous des fig. 4-5-6-7-8 et 9 sont employés, et dessinez-en quelques-uns en grandenr naturelle.

3° Dessinez les boulons des fig. 21-22 et 23 pour un diamètre de 30 mm. avec les écrous.

PLANCHE 6.

Fig. 1. Boulon ou vis avec rondelle destiné à relier deux pièces. Une de celle-ci est filetée comme la partie de la vis B. L'autre pièce est munie d'un trou un peu plus grand que le corps de la vis. La tête de la vis serre sur la partie A.

Fig. 2. Boulon ou vis composé, muni d'une partie hexagone servant à opérer le serrage des deux pièces. Ce serrage se fait ainsi avec plus de force qu'au moyen d'une clef.

Fig. 3. Vis et boulon avec une partie conique tronquée, qui est noyée dans la pièce supérieure A pour opérer le serrage.

Fig. 4. Boulon fixe. La pièce B est filetée, l'autre pièce A ne l'est pas; on serre ces deux pièces au moyen d'un écrou hexagone.

Fig. 5. Le même boulon fixe avec un système de sûreté, destiné à empêcher le boulon de tourner pendant le serrage. D est une partie carrée, encastrée dans la pièce A.

Fig. 6. Boulon fixe avec partie carrée. Le trou carré dans la pièce A est un tant soit peu plus grand que la partie filetée de la vis. Dans la partie inférieure du boulon on perce quelquefois un petit trou entre la pièce et le boulon. On introduit ensuite une petite tige filetée *p*.

Fig. 7. Vis avec deux écroux hexagones.

Fig. 8. Vis avec deux écrous; un des côtés est muni d'une partie carrée encastrée dans la pièce A.

Fig. 9. La même vis mais avec une partie conique C, qui est fixée par l'écrou E; tandis que l'écrou F produit le serrage des deux pièces A et B.

Fig. 10 et 11. Représentent des boulons, destinés à assembler deux pièces parallèles.

La fig. 12 représente un boulon servant au même but, mais dont la rondelle G est fixée au moyen d'une petite broche.

Fig 13. Vis de pression à pointe.

Fig. 14. Vis de pression à partie tranchante vers le bas; le plus souvent employée pour fixer un arbre ou une poulie.

Les fig. 15-16 représentent un boulon fixe à clavette.

La clavette H traverse la partie B; la partie supérieure du boulon est filetée et est munie d'un écrou.

Fig. 17. Crochet fileté et muni d'un écrou; le plus souvent employé pour réunir deux pièces dont l'une est trop petite ou trop faible pour que l'on puisse y forer un trou.

Fig. 18. Boulon à serrage latéral, souvent employé pour les boites à bourrages. L'œil ou l'ouverture de la partie *d* est passée sur une vis fixée dans la boite.

Les fig. 20-21 représentent un boulon de fondation avec clavette ou clef à la partie inférieure, servant à fixer les pièces de fortes machines aux massifs de maçonnerie pour éviter les vibrations. La base du boulon est une partie cylindrique renforcée, dans laquelle on a pratiqué une coulisse, munie d'une clavette A. La pierre de taille A' ou la maçonnerie comprise entre la plaque en fonte B et la pièce de la machine D est serrée fortement au moyen de l'écrou.

Fig. 29. Est un boulon de fondation servant à assembler des machines plus légères avec la maçonnerie, ou bien à opérer la fixation des pièces sur les pierres de taille. Le boulon est carré en dessous de la partie filetée; il s'élargit encore vers sa base et est aussi entaillé ou ébranché sur les côtés. L'espace qui subsiste entre le boulon et l'ouverture est rempli de plomb coulé, ou bien de ciment, ou quelquefois de soufre.

La fig. 30 représente un boulon de fondation pour fixer des machines lourdes. On pratique l'ouverture A en forme de clavette dans la pierre de taille, puis on y passe le boulon. Avant de faire le placement de la pièce de la machine, on introduit la clavette A' qu'on serre fortement.

La fig. 31 représente une plaque en fonte, pour fondations, avec les nervures en forme de croix, et une ouverture pour la tête carrée du boulon ou pour recevoir la clavette.

Fig. 22-23. Vis à têtes noyées, pourvues d'une coulisse pour permettre l'emploi d'un tournevis. Elles servent à joindre des pièces métalliques.

Fig. 24. Vis à tête sphérique et rainurée.

Fig. 24bis. Vis sans tête, qui sert souvent de vis de pression et est complètement noyée.

Fig. 25. Vis à crochet destinée à être fixée dans des objets en métal.

Fig. 26. Vis de pression (complètement à l'intérieur de la pièce). Elle est percée d'une ouverture carrée pour permettre de la fixer.

Fig. 27. Vis à œillet pour pièces en métal.

Les vis de pression sont toujours faites en acier; la partie inférieure est tranchante et quelquefois trempée.

Exercices.

1° Dessinez à l'échelle de 20 centimètres par mètre un boulon de fondation (fig. 21). La maçonnerie a une hauteur de 2,25 mètres; le diamètre du boulon est de 60 mm.

2° Dessinez un boulon à œillet latéral (fig. 18) de 6 pouces de long et de 1 pouce de diamètre, en grandeur naturelle.

3° Deux plateaux en fonte de un pouce d'épaisseur sont à une distance de 20 pouces; ils doivent être réunis par quatre boulons, dont la distance entre eux est de 10 pouces. Dessinez les boulons et les plateaux sur une échelle de 6/8 par pouce.

PLANCHE 7.

Différentes manières de serrer les écrous.

Fig. 1. L'écrou A est serré d'abord, et le contre-écrou B est serré ensuite sur l'écrou A.

En pratique on place généralement l'écrou le moins haut au-dessus. Cependant d'après le pur raisonnement on devrait faire le contraire puisque l'effort s'exerce sur l'écrou supérieur. La raison est la suivante : Les clefs ordinaires servant à serrer les écrous sont trop hautes et ne sauraient s'adapter sur le contre-écrou pour le retenir pendant que l'on serre l'écrou de dessus.

Fig. 2. Au-dessus de l'écrou qui est serré on passe à travers le boulon une goupille, qui empêche le desserrage.

Fig. 3-4. La goupille est remplacée ici par une clavette qui passe à travers le boulon.

Fig. 5. Une broche légèrement conique traverse l'écrou et le boulon. Quelquefois aussi la goupille est fendue comme dans la fig. 6.

Fig. 7. Ici c'est une vis de pression qui traverse l'écrou.

Fig. 8. La partie supérieure du boulon a un diamètre un peu plus petit et l'écrou a une partie surélevée à travers laquelle passe une vis de pression, qui agit sur la partie étranglée du boulon; de cette manière on ne détériore pas le filet, et on empêche en même temps l'écrou de se desserrer.

Fig. 9. Le boulon a aussi un diamètre plus petit à son sommet (le filet est enlevé); un anneau libre A est passé au-dessus de cette partie. L'anneau est fixé au moyen d'une vis de pression et aussi d'un prisonnier B.

Fig. 10. Ecrou employé uniquement pour les boulons ayant une grande hauteur. Il a à sa partie intérieure une sorte d'anneau circulaire. Au moyen d'une vis de pression C, qui agit sur une pièce B en cuivre, on fixe l'écrou sans détériorer le filet.

Fig. 11. Autre modèle d'un écrou de sûreté; c'est une bande ou anneau B, maintenu par un prisonnier C et fixé par la vis de pression D.

Fig. 12. Le même écrou, avec cette différence que l'anneau fait partie de la pièce. C'est dans cette partie que se trouve la vis de pression. La

profondeur de la rainure circulaire dans l'écrou est de $\frac{1}{6}$ du diamètre de la vis de pression.

Fig. 13. Ecrou dans lequel on a scié une rainure à sa partie supérieure. Une vis de pression empêche l'écrou de se desserrer.

Fig. 14. Ecrou auquel on a ajouté à l'une de ses faces une petite pièce ; du côté inférieur de cette pièce existe une partie cylindrique qui correspond à un trou fait dans la pièce mécanique. Après que l'écrou est serré et quand l'un des six pans correspond au trou foré dans la base, on applique la pièce au moyen de deux vis de pression.

Fig. 15. L'écrou a à sa partie supérieure 6 gorges qui toutes partent du centre. A l'extrémité du boulon est pratiqué un trou. L'écrou est serré, jusqu'à ce que l'une des gorges corresponde avec le trou dans le boulon, on y passe alors une broche ou une goupille.

Fig. 16. L'écrou repose sur une rondelle dentelée; quand l'écrou est bien serré, on relève une des dents afin d'empêcher le desserrage.

Fig 17. Le sommet du boulon est aminci et fileté et supporte un écrou plus petit C; au-dessus du grand écrou A on passe une chape B qui est serrée par l'écrou C. Afin de fixer celui-ci, on passe la broche D à travers le boulon.

Fig. 18. L'écrou A est serré jusqu'à ce que le trou fait à sa base corresponde à l'une des rainures pratiquées dans la rondelle, afin que l'on puisse y passer une broche légèrement conique D. La rondelle B est fixée à la pièce au moyen d'un petit prisonnier C.

Fig. 19. Clef à écrous en acier étampé, avec tête et manche plats.

Fig. 20. Même clef à manche rond.

Fig. 21. Clef à fourche double en forme de S.

Fig. 22. Clef droite double.

Les fig. 23 à 26 représentent des assemblages à brides et boulons souvent employés pour les cylindres à vapeur.

Fig. 23. Les brides ou flanges sont un peu plus épaisses que les plaques. Les boulons n'ont jamais moins de 3/4 pouce de diamètre. Les brides reposent sur des nervures et on chasse entre l'ouverture des brides du ciment de limailles. Il existe aussi des ailettes A qui relient les brides aux plaques pour les consolider.

Fig. 24. Les flanges portent à l'extérieur et à l'intérieur des nervures rabotées qui permettent de rendre très-facilement les joints étanches.

Fig. 25-26. Les flanges sont plus épaisses ainsi que le corps d, afin de mieux éviter la casse.

Fig. 29. Ecrou cylindrique creux servant à tendre deux tringles dont l'une a un pas de vis à droite et l'autre un pas de vis à gauche. Dans beaucoup de cas on place en outre de chaque côté de l'écrou cylindrique un écrou hexagone pour empêcher le desserrage.

Le diamètre du boulon

$$d = \frac{5}{4} + \frac{1}{8} \text{ pouce anglais;}$$

la longueur des brides

$$l = 2\,\frac{1}{4}\,d + \frac{1}{4} \text{ pouce anglais,} \quad \delta_1 = 0.9\,\delta + \frac{3}{8}.$$

EXERCICES.

1° Dessinez un écrou à clavette pour un boulon d'un diamètre de 30 mm., grandeur naturelle.

2° Dessinez un écrou suivant les fig. 8, 9, 11, 12 pour des boulons de 40 mm., grandeur naturelle.

3° Dessinez en grandeur naturelle une série de clefs pour écrous hexagones de 10 à 30 mm.

4° Dessinez le joint d'un réservoir en fonte dont les parois ont 15 mm. d'épaisseur; grandeur naturelle.

PLANCHE 8.

Clavettes.

Il existe deux genres de clavettes : 1° celles qui servent à fixer sur les arbres les pièces mécaniques telles que roues, poulies, tambours, manchons, etc.; 2° celles qui servent à produire le serrage des coussinets. Celles-ci se rencontrent principalement dans les moteurs.

Si, par exemple, il y a du jeu dans les coussinets du bouton de la manivelle ou de la bielle, on donnera un léger coup de marteau sur la clavette, ce qui provoquera un léger serrage et les coussinets n'auront plus de chocs.

Dans le premier genre de clavettes c'est principalement l'épaisseur et l'inclinaison qui joue un rôle, dans le second genre c'est la largeur.

Dans une clavette on remarque trois parties :

1° La *tête*, qui est le bout le plus gros dans le premier genre, et le plus large dans le second genre; 2° la *pointe* ou le côté opposé; 3° le *corps*, qui est compris entre les deux parties prénommées.

On donne le nom de *tirage* d'une clavette, la différence de l'épaisseur dans le premier genre et la différence de largeur dans le second genre.

Dans les clavettes appartenant au 1r genre, le côté qui s'appuie sur l'arbre est creux suivant le diamètre de l'arbre. La fig 1 nous montre en Y une clavette de ce genre, en grandeur naturelle. La fig. 3 indique comment une poulie est fixée au moyen d'une pareille clavette. Avec ces clavettes on peut faire le placement des poulies où l'on veut, sans détériorer les arbres; seulement le serrage est moins solide qu'avec des clavettes à côté plat limé dans l'arbre, comme le montre la fig. 1 en X et aussi la fig. 6.

Quand on exige un très fort serrage, on place la clavette dans une rainure plate ayant quelques mm. de profondeur dans l'arbre, comme le montre la fig. 4. La rainure doit être bien parallèle à l'axe de l'arbre, et avoir la même profondeur sur toute sa longueur. Pour tracer la coulisse ou la rainure sur l'arbre on se sert d'une règle à rainures.

Pour fixer solidement les roues ou les manivelles comme l'indique la fig. 12, on emploie une broche très peu conique.

Les roues sont d'abord fixées aux arbres au moyen d'une presse hydraulique; quelquefois on chauffe la manivelle et le moyeu de la roue jusqu'à atteindre la couleur cerise, puis on en opère le placement ; c'est par suite du refroidissement que le serrage s'opère. Pour l'assurer encore davantage on fore un trou entre l'arbre et le moyeu pour y introduire la broche dont nous avons parlé plus haut.

Les poulies, les tambours et les volants qui sont composés de deux moitiés, sont quelquefois fixés sur l'arbre sans clavette. Le trou est foré suivant un diamètre un peu plus petit que le diamètre de l'arbre. Au moyen de forts boulons on opère le serrage des deux moitiés.

Quant on ne pèut pas atteindre à la pointe de la clavette on fera à la tête un crochet B (fig. 2), afin de pouvoir la décaler si c'est nécessaire.

Les fig. 7-8 représentent des clavettes libres, qui ont une égale épaisseur sur toute leur longueur. Elles sont fixées au moyen d'un ou de deux boulons qui se trouvent dans le moyeu.

Les fig. 9-10 indiquent comment on opère pour fixer de grandes roues ou de forts volants sur les arbres.

Le trou est foré plus grand que le bout d'arbre qui doit le recevoir. On pratique le calage au moyen de quatre clavettes qui entrent en partie dans des rainures de l'arbre et du moyeu. Au moyen de ces clavettes on peut facilement disposer la roue de telle manière qu'elle soit bien perpendiculaire à l'arbre et qu'elle tourne toujours dans un même plan.

La fig. 11 représente une clavette fixe. La moitié de sa hauteur est noyée dans l'arbre. On l'emploie surtout pour des parties qui doivent se déplacer dans le sens de l'axe de l'arbre, comme dans les débrayages.

La fig. 13 représente une clavette servant au même usage, mais fixée dans le moyeu au moyen d'un prisonnier B. Avant de placer la poulie sur l'arbre on introduit la clavette dans la rainure du moyeu, puis on fait glisser la pièce sur l'arbre.

La fig. 14 représente une clavette à deux crochets BB.

Même usage que la précédente.

Les fig. 16 et 17 représentent une clavette à tête noyée B et fixée par une vis.

Les dimensions des clavettes sont établies d'après des règles fixes.

Soit D le diamètre de l'arbre ou du trou du moyeu

$B =$ la largeur de la clavette,
$h =$ la hauteur ou l'épaisseur,
$s =$ l'inclinaison.

$$B = \frac{1}{4}D + 5\text{ mm.} \qquad h = \frac{1}{2}B \text{ à } 0.6B; \qquad s = 1:64 \text{ ou } 1:100,$$

ce qui veut dire 1 centimètre d'inclinaison sur une longueur de 64 centimètres ou 1 centimètre de pente sur un mètre de longueur.

La profondeur de la gorge ou de la rainure est de $\frac{h}{2}$.

La fig. 1 indique toutes les dimensions de clavettes pour arbres, depuis 5 mm. jusque 100 mm. de diamètre.

2me genre de clavettes.

Les clavettes de ce genre servent, ainsi que nous l'avons déjà dit, à réunir certaines parties de machines, mais principalement à corriger l'usure produite dans les coussinets.

La fig. 18 représente une clavette ayant un côté large et un côté étroit et servant à l'assemblage de deux pièces. La section est généralement rectangulaire, les côtés sont quelquefois arrondis, et, dans des cas exceptionnels, les coins sont brisés.

La fig. 18 indique une simple clavette engagée dans un trou dont les parois ont bien la même inclinaison qu'elle, sinon le serrage qu'elle produit ne serait pas suffisant.

La fig. 19 représente une clavette avec contre-clavette, la largeur de l'ouverture est parallèle; la contre-clavette est munie de deux talons nommés aussi mentonnets.

La fig. 20 représente une clavette munie de ses deux contre-clavettes. La largeur de ces trois pièces est toujours et partout égale.

La fig. 21 représente une contre-clavette avec une tête renforcée, à travers laquelle passe la clavette. Après le serrage de la clavette, pour maintenir celle-ci bien en place, on serre la vis de pression qui se trouve dans le mentonnet renforcé.

Généralement on frappe sur ces clavettes avec un marteau en cuivre pour opérer le serrage. Il s'en trouve aussi que l'on peut ajuster plus convenablement au moyen d'une vis comme fig. 22.

Fig. 23. Dans cette figure la vis A est le prolongement de la clavette; à la tête prolongée de la contre-clavette est fixé un crochet qui laisse passer la vis A; on peut opérer le réglage au moyen de deux écrous.

La fig. 24 représente le même système mais avec deux contre-clavettes.

Fig. 25. La tête de cette clavette forme un crochet dans lequel est pratiquée une coulisse qui laisse passer une vis attachée au mentonnet de la contre-clavette; le réglage se fait comme ci-dessus.

Fig. 26. Ici c'est la partie filetée de la contre-clavette qui est penchée et suit la même direction que la clavette. De cette façon le trou pratiqué dans le crochet peut être circulaire.

Fig. 27. Ici on remarque que la rondelle, de la forme d'un chapeau, laisse passer la tige filetée de la clavette; le réglage se fait encore au moyen de deux écrous.

Les fig. 28, 29, 30, 34 et 35 représentent les clavettes le plus souvent employées pour boulons de fondations.

Les fig. 31, 32, 33 indiquent comment on fixe au moyen de clavettes les pistons de pompes à leurs tiges.

La fig. 36 représente l'assemblage, au moyen d'une clavette, de deux tiges d'ancrage.

Les fig. 37-38 représentent des goupilles qu'on peut ouvrir à l'extrémité. On les emploie le plus souvent pour empêcher les écrous de se détacher.

Exercices.

1° Dessinez en grandeur naturelle des clavettes pour arbres de 8 et 15 centimètres de diamètre; les longueurs des moyeux des roues sont de 24 et 45 centimètres.

2° Dessinez une clavette sur laquelle doit glisser un débrayage; diamètre de l'arbre 100 mm.; longueur de déplacement 70 mm.; largeur du moyeu 300 mm. Grandeur naturelle.

3° Dessinez à l'échelle de 20 centimètres par mètre, une clavette suivant la fig. 25. La pièce du milieu a 200 mm., les pièces extérieures 60 mm. de largeur.

4° Dessinez un assemblage de piston avec sa tige suivant fig. 23. La tige a 80 mm. Echelle 25 centimètres par mètre.

PLANCHE 9.

Rivets.

On a recours à la rivure pour des assemblages permanents entre des pièces métalliques. Elle s'exécute au moyen de rivets.

Le rivet est un genre de boulon non fileté, ayant un corps cylindrique et une tête, et est employé dans la rivure des tôles pour chaudières ou autres pièces assemblées telles que réservoirs, ponts, etc.

Le rivet, chauffé au rouge, est passé par l'ouvrier d'un côté de la tôle, dans le trou, et un second ouvrier, de l'autre côté de la tôle, frappe au moyen d'un marteau sur la partie traversante pour former une tête. Durant ce travail le premier ouvrier maintient le rivet en place au moyen d'un levier combiné ou bouterolle. L'avantage de ce procédé est qu'en se refroidissant, le rivet se rétrécit et serre encore davantage les tôles.

Afin d'achever et de faciliter ce travail fatiguant, on se sert couramment de la machine à river. Les rivets sont pressés entre deux énormes pièces qui sont mises en mouvement au moyen de la vapeur ou de l'eau. Les rivures à la machine sont meilleures, principalement plus étanches quand les tôles sont d'une certaine épaisseur.

Quand on exige dans les chaudières l'étanchéité pour l'air ou pour la vapeur, on doit mater les joints intérieurement et extérieurement. On exécute ce travail au moyen d'un marteau et d'un ciseau émoussé ou matoir, que l'on promène sur les joints.

Les rivets ont plusieurs formes.

Fig. 1. Le rivet a une égale épaisseur jusqu'au milieu de sa hauteur, puis il s'amincit un peu; la tête a la forme d'un cône tronqué.

Les dimensions du rivet dépendent de la résistance à laquelle il est exposé, et principalement de l'épaisseur des tôles à assembler.

L'épaisseur de la tôle est le module pour le diamètre du corps et de la tête, ainsi que pour les autres dimensions.

La fig. 2 donne une échelle de proportions pour rivets quand le diamètre du corps est connu.

$t =$ épaisseur de la tôle, $d =$ diamètre du rivet;

$$d = 1.2\sqrt{t}.$$

La fig. 2 nous montre comment on trouve d quand t est connu,

$$1.2\sqrt{t} = \sqrt{1.44t}.$$

AB est le diamètre de 36 mm. d'un demi-cercle.

Supposons que 25 mm. soit le plus grand diamètre du rivet qu'on aît à employer. Multipliez 25 par 1.44 = 36,4 mm. Menez parallèlement à AB des lignes d'une longueur à commencer de 10 mm. et augmentant chaque fois de 2.5 mm. jusqu'à 25 mm.

Elevez sur chacune de ces lignes une perpendiculaire jusqu'à ce qu'elle rencontre le demi-cercle.

Si par exemple l'épaisseur de la tôle à assembler est de 15 mm., la perpendiculaire 15, coupera la ligne AB au point C et le demi-cercle en D.

AC représente l'épaisseur t de la tôle.

AD le diamètre du corps du rivet.

Car $AD = \sqrt{AB \times AC} = \sqrt{1.44 \times 15}$ etc., etc. pour les autres valeurs de t.

Ecartement ou distance des trous.

Dans la figure 10 nous voyons que la distance p des trous est égale au diamètre du rivet augmentée de la distance entre deux trous qui se suivent.

La fig. 2^2 nous donne le moyen de trouver p quand t et d sont connus.

Formez le triangle rectangle OGH, OG = 14 et OH = 11 (n'importe à quelle échelle); faites $GJ = d$ et JK perpendiculaire sur JG égal à t; prolongez RJ jusqu'en L et menez la ligne LN parallèle à OG.

Joignez les points K et G par une ligne droite et prolongez-la jusqu'à ce qu'elle coupe LN au point M. Abaissez du point G une perpendiculaire sur la ligne LN qui la coupera en Q. Vous obtenez.

$$LQ = P - d \quad \text{et} \quad LM = P$$

qui sera la distance des rivets, que l'on nomme quelquefois *pas*.

En effet :

$$QG = JL = \frac{11}{14} d.$$

Si on a une *double rangée de rivets* comme l'indique la fig. 11, le pas p' devient alors :

$$p = P - d + P.$$

Transportez les mêmes dimensions de la fig. 2^2 sur la fig. 2^1 à un point quelconque, G' par exemple, situé sur le prolongement de la ligne AB. Elevez au point G' une perpendiculaire G'O' et faites O'G' = OG. Faites le triangle rectangle O'G'H' = OGH. Admettons que les dimensions soient demandées pour les rivets et le pas des trous, pour l'assemblage de tôles de 15 mm. d'épaisseur, représentée par PQ.

Dans la figure 2^1 pour 15 mm. on a AD diamètre du rivet, ou bien la longueur AE ou bien LR ou bien encore 10F : toutes ces lignes indiqueront le diamètre du rivet.

RL′ sera le pas pour simple rivure; RM′ sera le pas pour double rivure.

Pour trouver des différentes subdivisions d'un rivet, prenez sur la ligne droite AO, 10 parties quelconques égales entre elles, et faites 10F perpendiculaire sur la ligne OA, et d'une longueur égale au diamètre du plus grand rivet qu'on croit devoir employer. Tirez du point A les différents arcs de cercles des points obtenus sur la ligne AE, menez les 7 parallèles qui couperont la ligne 10.F.

Dans les figures 1, 3, 4 etc., nous remarquons que les différentes subdivisions sont 0.5 — 0.6 — 0.75 — 0,85 etc. Sur ces points de division de la ligne 0-10 menons des perpendiculaires jusqu'à la rencontre des lignes obliques tirées du point O vers les points de la ligne 10-F.

Si par exemple 10F est le diamètre du rivet, 5.5 sera la 1/2; 66 sera les 0.6; 7.5-7.5 sera les 0.75 etc., en un mot on trouvera sur la ligne OF toutes les dimensions concernant le rivet

Généralement on considère d comme le diamètre du rivet; c'est en réalité plutôt le diamètre du trou dans la tôle qu'il représente, car le diamètre du rivet est un peu plus petit. Par les coups de marteau ou par la pression le rivet se gonfle et remplit tout-à-fait l'ouverture.

Le diamètre du rivet équivaut généralement à $\frac{97}{100}$ de celui du trou.

La fig. 1 représente un rivet brut avant d'être rabattu. Vers la tête le diamètre est $0.97 \times d$, et vers le sommet $0.95 \times d$, donc un peu conique.

La fig. 3 représente un rivet à tête conique tronquée.

Fig. 4. Une tête est sphérique et l'autre conique.

Fig. 5. Rivet ordinaire produit par le marteau.

Fig. 6. Têtes semi-sphériques, faites au moyen du marteau et de la bouterolle. Le plus souvent utilisées pour les tôles minces.

Fig. 7. Rivet à tête semi-sphérique et l'autre noyée. Le trou est chanfreiné, la tôle perd par là une partie de sa force. On emploie ce genre de rivet quand l'une des surfaces de la tôle doit être unie.

Fig. 8. Les deux têtes sont noyées.

Fig. 9. Les têtes sont noyées, mais l'une conserve encore une partie bombée.

Fig. 10. Assemblage de deux tôles pour une seule rangée de rivets.

Fig. 11. Rivetage à simple couvre-joint.

Fig. 12. Rivetage à deux rangs de rivets.

Fig. 13. Rivetage à simple couvre-joint à deux rangs de rivets.

Fig. 14. Rivetage à triple rangs de rivets.

Fig. 15. Rivetage à double couvre-joint et deux rangs de rivets.

Fig. 16. Rivetage à double couvre-joint et trois rangs de rivets.

Fig. 17. Assemblage de trois épaisseurs de tôles à un rang de rivets.

Fig. 18. Assemblage de trois épaisseurs de tôles. Un côté est à simple rang de rivets et l'autre à double rang.

Les fig. 19-20 représentent des dispositifs pour le rivetage de fonds de chaudières.

Fig. 21-22. Assemblages pour tôles de foyers.

Si l'assemblage a lieu comme dans la fig. 22, on emploie quelquefois un demi-anneau circulaire comme couvre-joint, comme l'indiquent les lignes pointillées.

Les fig. 23-24 représentent. des assemblages de trois épaisseurs de tôles, réunies par des cornières.

Les fig. 26 à 30 indiquent différents moyens pour river les différentes parties d'un foyer intérieur d'une locomotive ou d'une chaudière fixe.

Les assemblages sont aussi quelquefois employés pour les portes des foyers. Le dispositif de la fig. 29 est également en usage quand le fond est massif et celui de la fig. 31 quand la pression ne dépasse pas 5 atmosphères.

La fig. 32 représente un assemblage qu'on rencontre dans les chaudières tubulaires. Dans les locomotives on a recours à ce genre de dispositif mais il est renforcé par des entretoises. A est une entretoise filetée des deux côtés, puis rivée. Quelquefois elle est percée d'un trou jusqu'à une certaine profondeur, pour permettre d'y introduire une broche légèrement conique, sur laquelle on frappe. La partie filetée se dilate alors et rend le joint tout à fait étanche.

L'entretoise B n'est pas rivée. Celle qui est indiquée en *c* est filetée sur toute sa longueur ainsi que les tôles; des écrous et rondelles achèvent le joint.

D nous montre une entretoise légèrement conique : le bout M' est plus mince que le bout M. Cette entretoise est employée quand, du côté M, la place manque pour river ou bien pour opérer le dilatage. Pour rendre cette entretoise étanche on commence par introduire une broche mince du côté M pour opérer la dilatation en M' puis, avec une broche plus forte, on fait l'opération en M.

Les diamètres de ces entretoises ont généralement de 3/4 de pouce à 1 pouce, leur distance est proportionnelle à la pression et aussi à l'épaisseur des tôles.

Exercices.

1° Dessinez les différentes espèces de rivets dans la grandeur d'exécution.

2° Dessinez en grandeur naturelle une échelle de construction pour rivets destinés à réunir des tôles de 8 à 28 mm. d'épaisseur.

3° Dessinez une partie d'assemblage d'une chaudière cylindrique dont les tôles ont 20 mm. d'épaisseur. Le diamètre de la chaudière a 1.40 m., les assemblages sont à double recouvrement. L'échelle demandée est de 25 cent. par mètre.

4° Dessinez au cinquième de la grandeur d'exécution la coupe d'une chaudière cylindrique à carneau intérieur. Le diamètre de la chaudière a 1.20 mètre, celui du carneau a 0.65 mètre; l'épaisseur des tôles de la chaudière est de 17 mm., et celle du carneau de 14 mm.

PLANCHE 10.

Tuyaux.

Les tuyaux qui servent à conduire la vapeur, le gaz, l'eau etc. sont faits en fonte, en fer étiré, en acier, en cuivre ou en plomb, et sont soumis à des pressions intérieures.

Les tuyaux en fonte sont assemblés au moyen des brides qui sont à leurs extrémités.

Les conduites établies sous terre sont le plus souvent des tuyaux en fonte réunis par des assemblages à manchons.

Les meilleurs tuyaux en fonte sont coulés verticalement; ceux qui ont été coulés horizontalement ont des parois dont l'épaisseur présente des différences notables.

Les tuyaux en fonte doivent être examinés avant leur placement : 1° Il y a lieu tout d'abord de vérifier si leur épaisseur est bien uniforme; la différence dans l'épaisseur du fer ne peut dépasser 2 mm. 2° La résistance des tuyaux doit être contrôlée au moyen de la presse hydraulique. 3° La différence de poids d'un tuyau à un autre ne peut différer que de 2 %, au maximum de 5 %, du poids normal.

L'épaisseur des tuyaux dépend du diamètre intérieur et aussi de la pression intérieure à laquelle le tuyau doit pouvoir résister.

Soit D le diamètre intérieur en pouces anglais.
t l'épaisseur » »
P la pression intérieure en livres anglaises par pouce carré.

On a $$t = \frac{D \times P}{4000} + 0.3 = \quad \text{pouces anglais.}$$

4000 et 0.3 sont les coëfficients pour les tuyaux en fonte.

Par exemple le tuyau a 10″ pour diamètre intérieur, la pression 225 livres anglaises ou $\frac{225}{15} = 15$ atmosphères, l'épaisseur du métal sera

$$t = \frac{10 \times 235 \text{ lb.}}{4000} + 0.3 = 0{,}8625 \text{ pouces}$$

ou environ 7/8 d'un pouce.

La formule réduite en mesures métriques sera

$$t = \frac{D \times \text{pression en atm.}}{280} + 8 = \quad \text{millimètres.}$$

Le précédent exemple donnera 10″ = 254 mm. 225 lb. = 15 atm.,

$$t = \frac{254 \times 15}{280} + 8 = 21.6 \text{ millimètres.}$$

Les coëfficients ou nombres fixes diffèrent suivant les métaux au moyen desquels sont construits les tuyaux. On aura, en mesures anglaises, les formules suivantes :

Tuyaux en fer étiré à recouvrement :

$$t = \frac{D \times P}{17000} + 0{,}06.$$

Tuyaux en acier étiré sans joint :

$$t = \frac{D \times P}{40000} + 0{,}0.$$

Tuyaux en cuivre pour vapeur :

$$t = \frac{D \times P}{7000} + 0,1.$$

Tuyaux en plomb étiré :

$$t = \frac{D \times P}{450} + 0,3.$$

Pour cylindres à vapeur en fonte :

$$t = \frac{D \times P}{3500} + 0,5.$$

Les différentes dimensions des brides dérivent de l'épaisseur t; on obtient ainsi la bride type (fig. 1, pl. 10) :

$$\left.\begin{array}{l} t' = 1,2 \times t \\ B = 2\frac{1}{4} \times d \\ F = 1,4t + 4 \\ d = 0,83t + 8 \\ n = (0,02 \times D) + 2 \\ A = 1,92t + 16 \end{array}\right\}$$

Les dimensions sont indiquées en millimètres.
d est le diamètre du boulon.
n est le nombre de boulons pour assembler les deux tuyaux.

Les mêmes données en prenant les différentes mesures en pouces anglais seront :

$$t' = 1,2\,t; \quad B = 2\frac{1}{4}d; \quad F = \frac{1}{4}t + 0,15; \quad d = 0,83\,t + 0,3;$$

$$n = 0,6\,D + 2.$$

La fig. 2, pl. 10, représente une échelle pour tuyaux en fonte, dans laquelle on trouvera les différentes mesures pour tuyaux d'un diamètre intérieur de 10 à 300 mm.

Pour ces échelles les différentes dimensions sont calculées pour un tuyau pris comme étalon; supposons par exemple que le plus grand diamètre intérieur que l'on compte employer soit de 300 mm., et qu'il doive pouvoir résister à une pression intérieure de 7 atmosphères.

On aura $$t = \frac{300 \times 7}{280} + 8 = 15,5 \text{ mm.}$$

$$d = (0,83 \times 15,5) + 8 = 20,8$$

soit en chiffres ronds 22 mm. pour le diam. des boulons correspondant à 7/8 pouces anglais.

$$B = 2\ 1/4 \times 20,8 = 47 \text{ mm.}$$

$$F = (1,4 \times 15,5) + 4 = 25,7 \text{ mm.}$$

$$t_1 = 1,2 \times 15,5 = 18,6 \text{ mm.}$$

Construction de l'échelle.

Sur une ligne verticale, avec une ouverture de compas de 5 mm., marquez les divisions 0, 1, 2 jusqu'à 300; vous obtenez ainsi 30 divisions égales. De chacune de ces divisions menez des horizontales ou des perpendiculaires sur la première ligne.

Sur la ligne verticale marquée 300, indiquez :

$t = 15{,}5$ mm.; $t_1 = 18{,}6$ mm.; $d = 22$ mm.; B = 47 mm.; F = 25 ou 26 mm.

Sur la ligne horizontale correspondante à O prenez de O une distance de 8 mm. et tirez de t (situé sur la ligne de 300) une ligne oblique t — 8.

En a élevez une perpendiculaire qui rencontrera la ligne horizontale marquée 250; du point b, point d'intersection de la ligne oblique a 8 sur l'horizontale 250, élevez une troisième perpendiculaire qui rencontrera la ligne horizontale 200.

Du point C élevez une troisième perpendiculaire et ainsi de suite.

On observera que les tuyaux ayant 10 à 50 mm. diamètre auront 8 mm. d'épaisseur, ceux de 50 à 100 mm. auront 9 mm. d'épaisseur, de 100 à 150, 10 mm.; de 150 à 200, 12 mm.; de 200 à 250, 14 mm. et de 250 à 300, 15 1/2 mm.

Les mêmes opérations se feront pour les points t', S, B et F. L'échelle est construite à la moitié de la grandeur naturelle.

La fig. 3 est un dessin d'un tuyau à brides d'un diamètre intérieur de 250 mm. L'échelle sur laquelle il est fait, est de 20 centimètres au mètre. Les différentes dimensions ont été prises sur l'échelle-type à l'horizontale marquée 250.

La fig. 4 est le dessin d'un tuyau à manchon; l'assemblage et la garniture se font comme suit : La boîte xx est remplie de filasse de chanvre goudronnée. La partie restante yy du manchon est remplie de plomb coulé. Aussitôt que le plomb coulé est refroidi, il est maté avec des ciseaux sans tranchant, dits matoirs.

L'épaisseur des parois est déterminée comme ci-dessus par la même formule, les autres dimensions concernant le manchon sont en pouces anglais :

$t_1 = 1{,}1t + 0{,}07$

$t_2 = 0{,}025D + 0{,}375$

$t_3 = t_2 + 0{,}125$

$F = 0{,}04D + 0{,}7$

$A = 0{,}1D + 2{,}75$

$B = 0{,}09D + 2$

$C = \frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ pouce

$E = 0{,}045D + 0{,}8$

$H = 0{,}06D + 1$

Pour un tuyau de 4 pouces anglais de diamètre intérieur (D) et de 100 livres anglaises de pression on a :

$$t = \frac{D \times P}{4000} + 0{,}3 = \frac{4 \times 100}{4000} = 0{,}4 \text{ pouce.}$$

Le résultat est en pouce ou en parties décimales de pouce :

$t_1 = (1,1 \times 0,400) + 0,07 = 0,51$

$t_2 = (0,025 \times 4) + 0,375 = 0,475$

$t_3 = 0,475 + 0,125 = 0,60$

$F = (0,04 \times 4) + 0,7 = 0,86$

$A = (0,1 \times 4) + 2,75 = 3,15$

$B = (0,09 \times 4) + 2 = 2,36$

$C = 0,25$ ou $0,5$

$E = (0,045 \times 4) + 0,8 = 0,98$

$H = (0,06 \times 4) + 1 = 1,24.$

On rencontre plusieurs formes ou modèles de manchons; les plus usités sont représentés dans les figures suivantes.

La fig. 5 est le dessin d'un manchon ordinaire.

Fig. 6. Dans celle-ci le tuyau A est légèrement conique et empêche la sortie du tuyau, le plomb faisant ici l'office de clavette.

La fig. 7 représente un joint fait avec du plomb coulé dans des entailles circulaires.

La fig. 8 représente un manchon conique avec entailles circulaires.

La fig. 9 représente un système auquel on a recours pour faire le joint légèrement hors de la ligne droite.

Fig. 10. Dans des conduites soignées les manchons sont tournés à l'intérieur et le bout de l'autre tuyau y est ajusté.

Fig. 11. Même genre que le précédent.

La fig. 12 représente un manchon avec partie intérieure à rotule, tandis que l'extrémité de l'autre tuyau a une partie sphérique extérieure, ce qui permet de faire faire à cette conduite une certaine courbe.

La fig. 13 représente un manchon double, servant à réunir deux tuyaux bout à bout. La longueur L de cette pièce est $L = 260 + 0.4 D$.

La fig. 14 représente une pièce T en fonte avec une bride, servant à réunir deux conduites perpendiculaires l'une à l'autre.

Les tuyaux en cuivre sont étirés sur des laminoirs, et sont le plus souvent sans soudure.

Les tuyaux brasés sont ceux fait d'une seule feuille de cuivre rouge recourbée; leurs joints sont à recouvrement et brasés. Le métal avec lequel on fait ce joint se nomme *brasure*.

La brasure se compose de 7 parties de coupures de cuivre jaune et d'une partie de zinc, fondues ensemble.

Les brides sont parfois aussi en cuivre et soudées aux tuyaux; mais le plus souvent les brides sont en fer forgé, rivées ensuite et puis soudées (fig. 15 et 16).

On passe aussi quelquefois les brides librement sur les tuyaux. On procède alors comme suit : après avoir passé les brides sur les tuyaux on rabat au marteau des collets de 2 à 4 centimètres de hauteur. De cette manière à l'assemblage des brides on peut tourner l'une d'elles, jusqu'à ce que les trous des boulons correspondent à ceux de la bride en fonte de l'autre tuyau.

Sur le collet rabattu on place un anneau en carton-amiante (asbest) ou en caoutchouc pour obtenir l'étanchéité du joint.

Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, l'épaisseur t des parois des tuyaux en cuivre est comme suit : $t = \frac{P \times D}{7000} + 0.1 =$ pouces anglais.

Les fig. 15 et 16 indiquent les autres dimensions en pouces anglais.

$$E = 2{,}7t + 0{,}14 \qquad d_1 = 1\frac{1}{2}t$$

$$d = 1\frac{1}{8}E \qquad t_2 = t + \frac{1}{4}$$

$$t_1 = \frac{E}{2} \qquad b_1 = 3\,d_1$$

$$B = 2\frac{1}{4}d \qquad b = \frac{E}{2} - \frac{1}{16}$$

La distance des rivets en cuivre est égale à 3 à 3 1/2 fois leur diamètre.

Pour le nombre de boulons, ainsi que pour la disposition des trous, voyez fig. 51.

Fig. 17 et 18. Les joints sont du système Pope.

Les collets en cuivre sont brasés sur les tuyaux en cuivre. Les brides faites d'une pièce sont passées sur les tuyaux avant la formation des collets. Si les brides sont en deux pièces on place leurs joints en les croisant.

Les joints de ce genre s'emploient pour conduites de 1 1/2 à 36 pouces anglais.

Voici les dimensions en pouces anglais :

D	A	B	C	E	Nombre de boulons
1 1/2″	1 3/4	3/4	7/8	3/4	5
2″	1 7/8	13/16	7/8	3/4	5
2 1/2″	1 7/8	13/16	7/8	3/4	6
3″	1 15/16	7/8	15/16	7/8	6
3 1/2″	1 15/16	7/8	»	7/8	6
4″	2	15/16	»	7/8	7
4 1/2″	2	15/16	»	7/8	8

D	A	B	C	E	Nombre de boulons
5″	2 1/8	1	1	1	8
6″	2 3/16	1 1/16	1	1	9
7″	2 5/16	1 1/8	1 1/16	1 1/8	9
8″	2 5/16	1 1/8	1 1/16	1 1/8	10
9″	2 5/16	1 3/16	1 1/16	1 1/8	10
10″	2 5/16	1 1/4	1 1/16	1 1/8	11
11″	2 5/16	1 1/4	1 1/16	1 1/8	11

Afin de pouvoir diriger les conduites en fonte dans toutes les directions on emploie les pièces T (fig. 19); et aussi pour éviter les grands frottements les T arrondis (fig. 21).

Il existe aussi des T doubles nommés croisillons (fig. 20) et aussi le simple coude (fig. 22).

Afin de pouvoir établir les changements de direction des conduites en fonte avec manchons, on les construit dans les formes représentées fig. 23, 24, 25, 26 et 27. Les différentes dimensions y sont indiquées.

La courbe représentée par la fig. 28 sert pour le placement d'une conduite à angle droit.

La courbe de la fig. 29 forme un angle de 45° et la courbe de la fig. 30 un angle de $\frac{45}{2}$ ou de $\frac{1}{16}$ de la circonférence ou $\frac{360^\circ}{16} = 22\ 1/2^\circ$.

Pour assembler des tuyaux en plomb, on limera le bout conique A,

tandis qu'on évidera l'autre, B, au moyen d'un tampon conique en bois. On fera entrer la partie A dans B, puis on fera un joint sphérique avec de la soudure. Les plombiers donnent à ce joint le nom de *nœud*.

Les tuyaux en fer étiré ou en acier se présentent dans le commerce sous deux formes : les tuyaux soudés par rapprochement et les tuyaux soudés par recouvrement. Leur longueur varie de 4 à 5 mètres; on en trouve aussi de 7 à 8 mètres et même plus.

Les tuyaux soudés par rapprochement sont employés pour les conduites d'eau et de gaz. On en a depuis $\frac{1}{8}$ pouce jusqu'à 4 pouces de diamètre intérieur.

Les tuyaux à recouvrement s'emploient pour les chaudières à vapeur et pour les conduites d'eau à forte pression. On arrive à les travailler parfaitement.

Les assemblages bout à bout se font par collets rabattus ou mieux par brides brasées. Ce genre de tuyaux s'emploie aussi pour les travaux hydrauliques soumis à de très fortes pressions; généralement ces tubes ont alors une plus grande épaisseur.

La fig. 32 représente un manchon ordinaire servant à assembler deux tuyaux bout à bout. Les extrémités sont munies d'un pas de vis, dit *pas de gaz*; il en est de même du manchon qui est fileté intérieurement.

Fig. 33. Manchon avec écrou hexagone.

Fig. 34. Manchon de diminution servant à assembler deux tuyaux de diamètres différents.

Fig. 35. Bouchon ou chapeau quelquefois à bouton carré. Le bouchon est fileté à l'intérieur et est vissé sur l'extrémité du tuyau.

Fig. 36. Autre genre de bouchon simple.

La fig. 37 représente une courbe, formant un angle droit.

Les fig. 38 et 39 représentent des coudes dont l'un est à angle vif, l'autre à angle arrondi.

Fig. 40. Pièce à T pour tuyaux de mêmes diamètres. Il en existe qui peuvent servir pour des diamètres différents.

Fig. 41. Croisillon pour quatre tuyaux; on en trouve aussi pour différents diamètres.

Fig. 42. Pièce à T en cuivre jaune, ayant d'un côté un écrou hexagone en vue d'opérer le serrage au moyen d'une clef.

Fig. 43. Croisillon en cuivre jaune, ayant aussi un écrou hexagone pour le serrage.

Fig. 43. Coude en cuivre avec écrou.

Fig. 44. Quand on doit faire un joint dans une conduite et que l'on ne peut tourner les tuyaux pour les visser dans un manchon, dans une pièce à T ou dans une courbe, on fait usage alors d'un assemblage dit à manchon de retour. Ce manchon est d'abord vissé entièrement sur l'un des tuyaux; l'extrémité de l'autre tuyau est présentée au premier de manière qu'ils se touchent. Puis on visse le manchon sur le second tuyau de manière que chacun des tuyaux occupe la moitié de la longueur du manchon. Pour rendre le joint étanche on serre alors les contre-écrous BB contre le manchon.

La fig. 45 représente un assemblage de deux tuyaux, dont l'un a un

bout évasé qui est fileté à l'intérieur, l'autre tuyau étant fileté à l'extérieur. Les parois intérieures sont unies.

Fig. 46. L'extrémité d'un des tuyaux est allongée et effilée, et filetée à sa partie extérieure; l'autre tuyau est fileté à l'intérieur. Les parois extérieures sont unies.

Fig. 47. Les tuyaux sont filetés extérieurement et intérieurement. Les parois sont unies à l'intérieur et à l'extérieur.

Fig. 48. Les deux tuyaux sont filetés à l'intérieur, un manchon fileté à l'extérieur forme la jonction. La paroi extérieure est unie.

Fig. 49. Les deux tubes sont filetés à l'extérieur, le manchon à l'intérieur. Les parois intérieures sont unies.

Ces deux derniers assemblages sont beaucoup employés pour forer les puits artésiens.

Fig. 50. Les deux tuyaux sont filetés à l'extérieur et réunis par un manchon à écrou.

Exercices.

1° Faites une échelle proportionnelle de grandeur naturelle pour tuyaux en fonte à brides de 10 à 500 mm. de diamètre intérieur pouvant résister à une pression intérieure de 7 atmosphères.

2° Faites une échelle proportionnelle pour tuyaux à manchons ayant les mêmes dimensions que ci-dessus.

3° Faites le dessin d'une conduite en fonte avec manchons à l'échelle de 20 cent. par mètre $\left(\frac{1}{5}\right)$. Le diamètre intérieur des tuyaux est de 200 mm.

La conduite consiste en une ligne droite de 15 mètres de longueur, revient ensuite à angle droit sur une longueur de 5 mètres où sera placée une pièce à T dont l'ouverture sera de 100 mm. La conduite continue sur une longueur de 10 mètres sur le prolongement de la ligne de 5 mètres, mais forme un angle de 45°.

Au bout de cette conduite il y aura une bride avec soupape.

4° Dessinez les différentes dimensions d'un tuyau en cuivre de 200 mm. de diamètre. Pression intérieure de 10 atmosphères (150 livres anglaises par pouce carré).

5° Faites le dessin d'une conduite à vapeur (échelle de 5 cent. par mètre) longueur de 20 mètres, diamètre intérieur 350 mm. Pression intérieure 5 atmosphères. Indiquez les brides et boulons. Dessinez les brides séparément en grandeur naturelle.

PLANCHE 11.

Roues d'engrenage.

Deux roues qui s'engrènent ont *une égale vitesse* à leurs cercles de contact, nommés aussi *cercles primitifs*. Par contre leur nombre de tours dans le même temps est inversement proportionnel au diamètre de leurs cercles primitifs ou au nombre de leurs dents.

Dans les engrenages on désigne toujours par rayon ou diamètre celui du cercle primitif.

C'est sur le cercle primitif qu'on fait la division des dents. Le *pas* est la distance, sur ce cercle, du milieu d'une dent au milieu de la dent voisine; c'est donc un creux plus une dent.

Soit D = le diamètre du cercle primitif (1)
n = le nombre de dents
p = le pas

on a $$p = \frac{3,1416 \times D}{n}.$$

Suivant la fig. 7 : Le pas ou l'arc $a\,b\,c$.

épaisseur de la dent	. . . .	$a\,b = 0,48\,p$.
le creux	. . . .	$b\,c = 0,52\,p$.
hauteur totale	. . . . . .	$h = 0,7\,p$.
hauteur au dessus du cercle primitif		$k = 0,3\,p$.
hauteur en dessous	» »	$l = 0,4\,p$.
largeur de la dent	. . . .	$= 2p$ ou $3p$ (2).

Echelle pour obtenir les différentes dimensions des dents.

(Fig. 10.)

Faites la ligne 100 *a* perpendiculaire sur la ligne 100 *o* et portez-y les divisions de 5 à 5 mm.: ce seront les pas des roues.

Menez des perpendiculaires sur les divisions 30-40-48-52 et 70 et menez des lignes du point O à ces différents points.

Par exemple pour dessiner une roue dentée, ayant un pas de 10 mm., les différentes dimensions seront :

0,3 $b = h$
0,4 $c = l$
0,7 $g = h$
0,48 $d = a\,b$
0,52 $e = b\,c$.

---

(1) Un autre mode de fixation du pas est le mode dit du *pas diamétral.* Ce pas est déterminé suivant la longueur du diamètre du cercle primitif, ou mieux encore : le nombre de dents est déterminé par rapport à la longueur du diamètre du cercle primitif. Par exemple : une roue a un diamètre de 360 mm., elle compte 72 dents; elle aura pour *pas diamétral* 5, ce qui veut dire qu'il y a sur la circonférence de la roue autant de dents que 5 mm. sont contenus de fois dans le diamètre, soit $\frac{360}{5} = 72$ dents.

Donc pour trouver le pas sur le cercle primitif on multiplie 3,1416 par 5.

En Angleterre et en Amerique on calcule par pouce.

Par exemple on dit une roue de 100 dents 8 au pouce, soit $\frac{100}{8} = 12.5$ pouces de diamètre $\frac{12.5}{100} = 0.125$ pas diamétral.

Donc pour chaque 0.125 pouce de diamètre il y a 1 dent à la circonférence. Le pas à la circonférence sera 0.125 × 3.1416.

(2) La largeur d'une roue on de la dent, mesurée dans le sens de l'arbre, diffère notablement dans la pratique. La plus petite largeur est quatre fois l'épaisseur de la dent, ou à peu près deux fois le pas.

On trouvera aussi les dimensions pour une denture de 40 mm.; toutes les divisions seront sur la ligne OV.

Pour reporter la longueur du pas sur un cercle on procédera comme suit (fig. 8). Sur un point quelconque *a* du cercle primitif *ac* menez une tangente *ab*; faites *a* 4 égal au pas. Soit par exemple 22 mm. Divisez cette longueur en 4 parties égales et, du point 1 pour centre, avec un rayon de 1-4, décrivez un arc de cercle 4 *c* : la longueur de l'arc correspondra au pas.

Le contraire peut se présenter, c'est lorsque le pas sur le cercle primitif est connu, et que la longueur de la corde doit être déterminée.

Soit *acb* l'arc de cercle (fig. 9); *cb* est la longueur du pas. Tirez la corde *cb* et prolongez-la de sa moitié jusqu'à $ce = \frac{ec}{2}$. Tirez en *c* une tangente *cd*; de *e* comme centre, avec un rayon de *eb*, décrivez un arc de cercle qui coupera la tangente: la longueur *ed* sera la ligne demandée.

Forme des dents.

Il existe plusieurs formes de dents, qui sont faites suivant le profil d'une des trois courbes suivantes, savoir : la cycloïde, l'épicycloïde et la développante du cercle.

Cycloïde. Quand un cercle roule sans glisser sur une ligne droite, chaque point de la circonférence décrira une cycloïde ordinaire.

Epicycloïde. Si le cercle roule sur l'extérieur d'un autre cercle, la ligne décrite sera une épicycloïde. Si un cercle est muni à un point de sa circonférence d'un crayon et si on le fait rouler sur un autre qui reste immobile, et si, bien entendu, tous les deux sont dans le même plan, le crayon décrira une épicycloïde (1).

Développante de cercle. Un fil étant enroulé sur la circonférence d'un cercle, si on le déroule par une de ses extrémités en le laissant constamment tendu, cette extrémité décrira la courbe appelée développante.

Dessiner une cycloïde.

(Fig. 4.)

Soit O le centre d'une circonférence; menez par le bout du diamètre A une ligne perpendiculaire, sur laquelle vous prendrez, à commencer du point A, une longueur égale à la demi-circonférence.

Divisez la longueur AB ainsi que le demi cercle en un nombre quelconque de parties égales, en cinq par exemple. Elevez des cinq points de division des perpendiculaires sur AB ou autrement dit sur le chemin de roulement jusqu'à ce qu'elles rencontrent la ligne des centres OD parallèle à AB.

---

(1) Si le cercle roule sur l'intérieur d'un autre cercle, la ligne décrite sera une *hypocycloïde*.

Prenez ces points comme centres et décrivez des cercles tangents au chemin de roulement; des points de division sur le cercle O menez des parallèles à la ligne AB : les intersections de celles-ci avec leurs cercles correspondants seront les points par où passera la cycloïde.

Dessiner une épicycloïde.

1e méthode (fig. 1, pl. 11).

Soient OS et O′S les deux rayons des cercles primitifs de deux roues dentées qui s'engrènent; portez sur les deux cercles primitifs une quantité de parties égales, S1 à S7, ainsi que S1′ à S7′; menez des rayons du centre O vers les points 1, 2, 3, etc et du point *m*, milieu du rayon OS, décrivez un cercle; vous obtenez ainsi les points d'intersection *a*, *b*, *c*, *d*, etc. Décrivez du centre O′ avec un rayon O′*a* l'arc de cercle *aa′*; avec O′*b* pour rayon l'arc *bb′*; avec O′*c* pour rayon l'arc *cc′*, etc. Faites 1*a′* égal à S*a*, 2*b′* = S*b*, 3*c′* = Sc, etc. Vous obtenez ainsi les points d'intersection *a′*, *b′*, *c′*, *d′*, *e′*, *f′* et *g′* qui seront les points par où doit passer l'épicycloïde.

2me méthode (fig. 2).

Soient O′S et OS′ les rayons des cercles primitifs de deux roues dentées qui s'engrènent; sur la moitié de chaque rayon décrivez un cercle, les deux cercles ainsi décrits seront les cercles de roulement.

Placez du point S′ sur le cercle primitif de O′, 6 parties égales 1-2-3-4-5-6 ou plus, placez les mêmes parties en 7-8-9-10-11 sur la circonférence du cercle de roulement *m*.

Du point O avec des rayons O′7, O′8, O′9, O′10 décrivez des arcs de cercle 77′, 88′, 99′, 10-10′ et puis l'arc *mn* avec un rayon de O*m*. Tirez aussi des rayons du centre O vers les points 6, 5, 4, 3, 2, 1 et prolongez-les jusqu'à ce qu'ils coupent l'arc *mn* aux points 1′, 2′, 3′, 4′, 5′ à 6′. De ces points comme centres, avec un rayon de *m*S, décrivez des arcs de cercle, qui couperont les arcs 77′, 88′, 99′ en 10-10′, *a*, *b*, *c*, *e* et *f*. Joignez ces points par une ligne courbe et vous obtiendrez la forme de la dent pour la roue O′, suivant l'épicycloïde.

On exécute la même opération pour la roue O du côté opposé.

En formant la dent suivant l'épicycloïde on ne peut changer à volonté une des deux roues (augmenter ou diminuer le nombre des dents) sans devoir changer en même temps la forme de la dent. L'épicycloïde est dépendante du rapport des diamètres des deux roues dentées. De là résulte l'invariabilité de la distance des axes.

Développante de cercle.

La forme de dent qui est la plus usitée est celle qui est déterminée suivant la développante de cercle. Elle donne les avantages suivants :

1° La forme de la dent d'une roue est indépendante du diamètre de l'autre roue dans laquelle elle doit s'engrener.

2° La distance des arbres peut changer à volonté.

3° La dent est plus favorable sous le rapport de la force et de l'usure.

On obtient la développante de cercle (fig. 3[bis]) comme suit : O et O′ sont les centres des roues dentées, OS et O′S les deux cercles primitifs.

Supposons que 1 soit le point où finit le déroulement de la corde; celle-ci formera en se déroulant une ligne, qui sera tangente au cercle, et la longueur développée sera égale à celle de l'arc déroulé.

Placez sur le cercle primitif un nombre à volonté de divisions égales 1, 2, 3 à 7; tirez du centre O′ des rayons vers chacune de ces divisions, et menez à chaque point une perpendiculaire sur les rayons ou bien des tangentes. Décrivez du point 2 comme centre avec un rayon 2.1 un arc de cercle jusqu'à 2′; du point 3 avec 3-2′ pour rayon décrivez l'arc 2′3′; de 4 avec 4-3′ pour rayon décrivez 3′4′ etc. La ligne 1 — 2′ — 3′ — 4′ — 5′ — 6′ — 7′ sera une développante de cercle, qui servira pour la dent en question.

Procédé pour tracer l'épicycloïde des dents à flancs droits d'une roue s'engrenant dans une crémaillère dont les dents ont également dès flancs droits (fig. 15, pl. 11).

Soit OS le cercle primitif et XY la ligne de contact. Marquez le point M sur le cercle primitif de manière que SM soit un peu plus grand que la 1/2 du pas, pour avoir deux dents en contact; tracez la ligne OM, celle-ci coupera la ligne d'*échanfreinement* de la crémaillère en N; joignez les points SN par une ligne droite, abaissez la perpendiculaire NA sur NS; décrivez du centre O un cercle tangent à la ligne NA.

Indiquez sur le cercle primitif des divisions égales S1″ — 1″2″; — 2″-3″; — 3″-4″; 4″-5″ et 6″-7″; placez les mêmes divisions à partir du point S sur la ligne de contact XY en SI; 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 et 6-7.

Menez des points 1″, 2″, 3″, 4″, 5″ des tangentes au cercle OA. Abaissez du point S des perpendiculaires sur ces tangentes, vous obtiendrez les points d'intersection 1‴, 2‴, 3‴, 4‴ etc.

De ces points d'intersection menez des parallèles à la ligne XY, puis prenez 1*a*′ = S1‴, 2*b*′ = S2‴, 3*c*′ = S3‴, 4*d*′ = S4‴ etc., et vous obtiendrez ainsi les points d'intersection *a*′, *b*′, *c*′, *d*′, *e*′, *f*′, *g*′ que vous réunissez au moyen d'une ligne courbe : celle-ci sera la face de la dent de la crémaillère.

Décrivez du centre O avec des rayons O1, O2, O3, O4 etc. des arcs de cercle 1*a*, 2*b*, 3*c*, 4*d* etc. sur les points 1‴, 2‴, 3‴, 4‴, 5‴. Du point 1″ avec une ouverture de compas 1‴S marquez le point d'intersection *a*; du point 2″ avec 2‴*a* marquez *b*; de 3″ avec 3‴*b* marquez le point *c*, etc.

Joignez les points *a*, *b*, *c*... par une ligne courbe, qui donnera la forme épicycloïdale de la dent de la roue.

Procédé pour tracer l'épicycloïde de dents à flancs droits s'engrenant dans une crémaillère à dents dont les flancs sont obliques (fig. 6.)

L'opération est la même que celle qui est décrite ci-dessus, avec cette différence que la ligne SB est perpendiculaire sur la ligne oblique du flanc de la dent de la crémaillère; les points de division 1′, 2′, 3′, 4′, 5′, 6′, 7′ sur la ligne SY devront être transportés sur la ligne SB ; les autres opérations sont les mêmes.

Manière de tracer la forme épicycloïdale des faces de dents à flancs obliques (fig. 3)

Soient OS et OS′ les rayons des cercles primitifs. Prenez une longueur S*a*, sur le cercle primitif, plus grande que la moitié du pas, pour avoir deux dents qui s'engrènent.

Faites le rayon O*a*; celui-ci coupera le cercle d'échanfreinement *tt′* au point *m*. Tirez la ligne *m*S, prolongez-la jusqu'à la rencontre en *m′* du cercle d'évidement *xx′*. Menez deux perpendiculaires sur la ligne soit *m*A et *m′*B′; des centres O et O′ menez sur ces lignes deux perpendiculaires OA et O′B′. Des centres O et O′, avec des rayons OA et O′A, décrivez deux cercles qui serviront à construire les flancs inclinés des dents, c'est-à-dire que les prolongements des lignes qui forment les flancs devront être des tangentes au cercle O′B′.

Pour obtenir la courbe épicycloïdale qui forme la face de la dent, portez un certain nombre de divisions égales sur le cercle primitif de la roue, seconde roue dont OS est le rayon; vous aurez par exemple S1, 1-2, 2-3, 3 4, 4 5, etc. Indiquez les mêmes divisions sur le cercle primitif de la roue O′ soit en S1‴, 1‴-2‴, 2‴-3‴, 3‴-4‴, 4‴-5‴, etc.

Tirez des points 1, 2, 3, 4, 5, des tangentes au cercle AO; abaissez du point S des perpendiculaires S1′, S2′, S3′, S4′ et S7′ sur ces tangentes.

Décrivez du point O′ comme centre, avec des rayons O′1′, O′2′, O′3′.. .. O′7′, des arcs de cercles; prenez

$$1''' - 1'' = S1'; \quad 2''' - 2'' = S2'; \quad 3''' - 3'' = S3'; \quad 4''' - 4'' = S4' \ldots\ldots$$
$$7''' - 7'' = S7'.$$

Joignez les points 1″, 2″, 3″, 4″..... 7″ par une ligne courbe, qui indiquera la courbe pour la face des dents de la roue O′.

EXERCICES.

1° Dessinez une roue d'engrenage à l'échelle de 20 centimètres par mètre; le nombre de dents est 30; le diamètre du cercle primitif est 955 mm ; la forme de la dent doit être épicycloïdale.

2° Dessinez une roue s'engrenant dans une crémaillère à dents dont les flancs sont droits. Le pas est 25 mm., le nombre de dents est 20. Echelle de 20 cent. par mètre.

3° Dessinez au quart de la grandeur naturelle, une roue d'engrenage à dents dont les flancs sont obliques; le diamètre du cercle primitif est de 637 mm.; la face de la dent doit être une épicycloïde.

4° Dessinez la même roue avec la face de la dent en forme de développante de cercle.

PLANCHE 12.

Le diamètre du cercle générateur n'est généralement pas plus grand que le rayon du cercle primitif dans lequel le roulement a lieu. S'il est égal au rayon, les flancs des dents seront des lignes droites qui correspondront aux rayons du cercle primitif.

Ce genre de roues est beaucoup en usage. Dans ce cas on emploie deux cercles générateurs pour chaque paire de roues qui s'engrènent, cercles dont les diamètres sont égaux aux rayons des roues.

Si on ne demande qu'une seule paire de roues on fera le diamètre du cercle générateur égal au rayon de la petite roue; les faces et les flancs seront alors courbés.

Si le cercle générateur est pris trop grand on obtient alors une dent trop faible à la base; au contraire on a une dent solide si on prend le diamètre du cercle générateur moindre que le $\frac{1}{4}$ du rayon.

Quand on doit faire des séries de roues d'engrenage pour s'engrener l'une dans l'autre on prend le même cercle générateur pour former la face et le flanc de la dent. Le diamètre du cercle générateur peut alors être aussi grand que le rayon de la plus petite roue. Si par exemple la plus petite roue de la série est de 15 dents, le diamètre du cercle générateur deviendra égal au rayon de la roue de 15 dents.

Soit p le pas; n = nombre de dents dans la roue; d le rayon; d pourra être pris pour le diamètre du cercle générateur

$$d = \frac{n \times p}{2\pi}.$$

D'où on a

Nombre de dents n.	d = diamètre du cercle générateur.
11	$1,751 \times p$
12	$1,910 \times p$
13	$2,068 \times p$
14	$2,228 \times p$
15	$2,387 \times p$
16	$2,546 \times p$
18	$2,864 \times p$
20	$3,183 \times p$
25	$3,981 \times p$.

Dans la fig. 19 on voit l'influence de la grandeur du cercle générateur sur la forme de la dent. R est le rayon de la roue, r est celui du cercle générateur.

La forme de la dent $1p1$ est obtenue avec un cercle générateur dont le rayon r est égal au $\frac{1}{4}$ R et $x'py'$ est l'arc de conduite.

La forme de la dent $2p2$ est décrite par $r = \frac{1}{2}$ R et $x''py''$ est l'arc de conduite, tandis que le flanc de la dent est un rayon du cercle primitif.

La forme $3p3$ est obtenue en prenant $r = \frac{1}{8}$ R, alors $x'''py'''$ sera l'arc de conduite.

De ce qui précède on peut conclure que plus le cercle générateur sera petit, plus la dent sera forte à sa base; mais aussi, plus l'arc de conduite sera petit, et plus le flanc de la dent sera oblique.

Si on prend un pas égal à 5 centimètres, ce qui correspond à la hauteur de la dent de la fig. 19, les arcs de conduite seront 1.22, 1.5, et 0.97 fois le pas. Les angles correspondants seront

$$x' p \mathbf{T} = 24^\circ ; \; x'' p \mathbf{T} = 15^\circ \text{ et } x''' p \mathbf{T} = 38^\circ.$$

Dans la fig. 3 *bb'* est le cercle primitif, R et R sont les cercles générateurs, *pr* est la hauteur de la face, *ps* la hauteur du flanc, de sorte que *rs* est la hauteur totale.

La ligne courbe *vpw* est l'arc de conduite.

Quand le cercle générateur R tournera dans le sens de la flèche, le point *p* se transportera vers *m* et décrira une partie de l'épicycloïde *pm* soit la face de la dent. Prenez $pc = \frac{2 \times pr}{3}$; décrivez du centre *o* l'arc de cercle *ce* qui sera parallèle au cercle primitif; faites l'arc de cercle *pb* = à l'arc *pe*; du point *b* avec une ouverture de compas égale à la corde *pe* marquez le point *m*.

Tirez et prolongez la ligne *mb*. C'est sur cette ligne que se trouvera le centre pour décrire la courbe *pm* qui se rapprochera le plus de l'épicycloïde.

Pour le flanc faites $pd = \frac{2}{3} ps$ et décrivez l'arc *de'* du centre *o*. Faites l'arc *b'p* égal en longueur à l'arc *pe'*.

Du point *b'* comme centre, faites un rayon égal à la corde de l'arc *pe'*, coupez l'arc *de'* au point *m'*, joignez *m'b'* et prolongez cette ligne; cherchez sur cette ligne le centre d'un arc qui passera par les deux points *pm'*. Cet arc sera approximativement l'hypocycloïde qui formera le flanc de la dent.

2° *Méthode*. Elle ne diffère de la précédente qu'en ce que les points sont obtenus par voie de construction et non par tatonnement.

Prenez, comme il est indiqué ci-haut, $pc = \frac{2}{3}$ de la hauteur de la face et $pd = \frac{2}{3}$ du flanc de la dent. Décrivez les arcs de cercle *ce* et *de'* qui sont concentriques au cercle primitif; par le point *p* tirez une tangente au cercle primitif. Joignez *e* et *p* par une ligne droite, prolongez-la et faites $pg = \frac{1}{2} pe$. Du point *g* comme centre, avec un rayon *ge*, décrivez l'arc *ek*, coupant la tangente en *k*, faites *pk* = à l'arc *pe* et sur *pk* prenez $ph = \frac{1}{4} pk$. Du centre *h*, avec un rayon *hk*, décrivez l'arc *kb* qui coupe le cercle primitif en *b*. L'arc *pb* = arc *pe*. En prenant *b* comme centre et avec un rayon égal à la corde *pe*, coupez *ce* en *m*. Joignez *mb* et cherchez sur *mb* le centre *l* d'un arc de cercle qui coupera les points *m* et *p*.

Ce point *l* peut être trouvé en joignant *mp* et en tirant une ligne perpendiculaire sur *mp*, tout en divisant la ligne *mp* en deux parties égales. Cette ligne coupera *mb* prolongée en *l*. D'où il résultera que

l'arc de cercle *pm*, décrit du point *l* comme centre et avec *lm* comme rayon, sera l'épicycloïde demandée.

On suit encore la méthode, beaucoup en usage en Angleterre, de Mr Heys de Manchester, qui détermine la courbure de la dent d'une manière qui se rapproche de l'épicycloïde. Dans la fig. 5, pl. 12 on en voit le tracé. Soit OA la ligne des centres, P le cercle primitif, et x le point de contact. Par le point x menez xB tangente au cercle primitif et faites-la égale à $x\text{B} = 0.571$ partie du diamètre du cercle générateur. Par le point B menez la parallèle CD à la ligne des centres OA.

Faites $\text{CB} = \text{B}x$ et BD = au diamètre du cercle générateur. Joignez OC et *o*D et prolongez OD d'une longueur quelconque.

Menez EG et FH parallèles à xB à une distance de $\frac{1}{8}\ x\text{B}$. Prolongez EG jusqu'à la rencontre du prolongement de OD.

Faites $\text{FH}' = \text{FH}$.

G est le centre de l'arc de cercle qui se rapproche le plus de la courbe hypocycloïdale pour le flanc de la dent. Le point H' sera le centre de l'arc de cercle tiré avec un rayon égal à H'x pour la face de la dent.

En pratique on se contente de prendre les dimensions suivantes :

$$p = \text{pas.}$$
$$x\text{B} = 1.125\ p.$$
$$c\text{D} = 3\ p.$$
$$x\text{E} = x\text{F} = \frac{1}{7}\ p.$$

La fig. 1, pl. 12, représente deux roues s'engrenant l'une dans l'autre, l'une de 44 et l'autre de 33 dents; le pas est de 1 3/4 pouce. Le diamètre de la grande roue est 2′ — 0″ 1/2 et celui de la petite roue 1′ — 6″ 3/8. L'échelle est de 3″ par pied.

Couronne des roues.

Pour les roues d'engrenage à dentures droites la coupe de la couronne est représentée par la fig. 7. Les différentes dimensions qui y sont indiquées dérivent du *pas;* on les trouve sur l'échelle de la fig. 6.

Les fig. 12, 13, 14 représentent les modèles usités pour roues fortes.

Les fig. 8, 9, 10 représentent des couronnes de roues à joues latérales, c'est-à-dire que les dents sont encastrées entre deux joues destinées à les consolider. Les joues dans la fig. 8 sont aussi hautes que la dent. Dans la fig. 9 elles ne vont que jusqu'au cercle primitif, et dans la fig. 10 il n'y a qu'un seul côté de la dent qui est renforcé.

Bras ou rayons des roues d'engrenage.

La fig. 15 indique une section de bras de la forme d'une ellipse, pour roues légères.

La fig. 16 a la forme en croix; la fig. 17 est la coupe d'un bras pour fortes roues; la fig. 18 est la coupe d'un bras pour roues coniques.

EXERCICES.

1° Dessinez deux roues dentées, comme dans la fig. 1. La grande a 44 dents et la petite en a 33; le pas a 1 3/4 pouces.
Echelle : 4 pouces par pied.

2° Quelles sont les dimensions des clavettes pour ces roues?

3° Dessinez une roue dentée suivant la fig. 5. La largeur de la dent est 100 mm, le nombre de dents 36, le pas 30 mm. Les bras ont la forme indiquée à la fig. 16. Echelle : 20 cent par mètre.

PLANCHE 13.

Roues coniques.

Voici la manière de dessiner à l'échelle de 20 centim. par mètre deux roues coniques s'engrenant l'une dans l'autre, dont l'une a 44 et l'autre 26 dents, dont les diamètres sont de 0.970 m. et 0.575 m.

Tirez les lignes des centres CD, AB et EF; prenez la moitié du diamètre du grand cercle primitif $\frac{970}{5 \times 2} = 97$ millim. et, du point O comme centre, décrivez le cercle primitif.

Du point G comme centre, décrivez le grand cercle primitif de la petite roue avec un rayon de $\frac{575}{2 \times 5} = 57.5$ mm.

Faites JLI = au diamètre de la grande roue et INK = le diamètre de la petite roue.

En réunissant les points KBJ et IRB par des lignes droites, vous obtenez deux cônes qui représentent les deux roues coniques.

Menez la ligne FIT perpendiculaire sur IRB et prolongez-la jusqu'à la rencontre de la ligne des centres; puis joignez FK et TJ : vous obtiendrez les deux cônes complémentaires FIK et ITJ.

Prenez la distance IR égale à 24 mm., comme hauteur de la dent, menez les parallèles RP à IK et RQ à IJ.

Divisez sur la fig 1 le cercle primitif de la grande roue en 44 parties égales, et celui de la petite roue en 26 parties égales ; menez de chacun de ces points des rayons : Ces lignes seront les axes des dents.

Menez SU parallèle à FT, et aussi TU et F3 parallèles à IB.

Des points S et V comme centres, avec un rayon égal à FI et IT, décrivez les deux arcs de cercle V et W qui seront une partie de chacun des cercles primitifs inscrits sur le développement du cône complémentaire.

Si on calcule les dimensions des dents suivant la fig. 5, pl. 12, on trouvera que le pas correspond au nombre 14 et sur cette ligne on a : 14 à 0,3 la hauteur de la face; 14 à 0,4 la hauteur du flanc; 14 à 0,47 l'épaisseur de la dent sur le cercle primitif et 14 à 0,53 l'espace entre deux dents.

Après que les dimensions des dents sont indiquées sur les deux arcs de

cercle V et W on dessine les dents, et on obtient en *cabd* la dent de la grande roue et en *gefh* celle de la petite roue.

Prolongez FK et FI ; faites K*i* = I*i* = *i*J qui se trouve sur l'arc primitif en W, faites de même en K*k* = I*k'* = J*k*.

Menez ensuite les lignes B*i*, B*i'*, B*k*, B*k'*; vous obtiendrez la dent sur la petite roue. Indiquez l'épaisseur de la couronne sur les lignes FK et FL, en *kl* et *k'l'*, joignez ces points vers le centre B. Achevez le dessin de la petite roue.

Projetez les points *i*K*k* sur la ligne des centres GH et menez du centre G des circonférences par ces points. Vous aurez le cercle GI pour la crête des dents, ou cercle d'échanfreinement; G*k* pour le cercle de pied ou d'évidement, G*l* pour l'épaisseur de la couronne.

Dans la partie supérieure de la fig. 5 on voit le dessous de la roue; la partie inférieure montre le dessus de la roue.

On détermine par le même procédé la partie supérieure des dents.

Indiquez maintenant sur les vingt-six divisions les dimensions *ef* pour la partie supérieure des dents, *gh* leur base, et menez de tous ces points des lignes vers le centre G, elles couperont le cercle d'échanfreinement et d'évidement du côté intérieur de la roue; achevez le dessin des dents, et le plan de la petite roue sera terminé.

Pour dessiner le dessous de la roue (partie supérieure de la fig. 5) on ne dessine que les dents sur le cercle extérieur.

Le même procédé sera appliqué pour le dessin de la grande roue.

Quand toutes ces opérations seront achevées, on s'occupera de la pièce représentée par la fig. 2.

Menez les lignes *l'l'* — *k'k'* — *i'i'* — *m'm'*, vous obtenez alors la couronne, et la partie *k' i' m' m' i' k'* dans laquelle les dents seront inscrites.

Commencez par projeter les sommets des dents 1-2 jusqu'à 1-2, 5-6 vers 5-6 etc. Tirez des lignes droites de ces points 1-2-5-6 vers le sommet du cône B jusqu'à ce qu'elles rencontrent la ligne *m'm'*.

Projetez ensuite les points de la base 3-4 vers 3'-4', 7-8-9 vers 7'-8'-9'; de cette manière vous pourrez achever le dessin de la dent. Veillez à ce que la direction des flancs des dents soit marquée vers le point T, qui est le sommet du cône complémentaire tandis que les points 3'-4'-7' sont tirés vers le centre B.

La fig. 3 représente la coupe de la grande roue suivant la ligne OD. On y voit le côté intérieur des dents; pour dessiner ce côté il faut projeter les points 8-9-10-14 sur les lignes *n'm'*.

Les lignes des sommets sont dirigées vers B. Achevez les profils des dents, dessinez les bras, le moyeu etc.

Exercices.

1° Dessinez au quart de la grandeur naturelle deux roues coniques qui s'engrènent. Elles ont 40 et 32 dents; le pas a 50 mm., la largeur de la dent est de 4 fois le pas.

2° Plans des deux roues.

3° Vues de face, de dessus et de dessous des roues, et leurs coupes.

PLANCHE 14.

Si deux arbres se croisent suivant un angle droit, et s'ils ne sont pas situés dans le même plan, les dents de chaque roue ont une inclinaison oblique, au lieu de suivre la direction des rayons prolongés du cercle de la roue.

L'inclinaison dépend du rapport des diamètres des deux roues, ainsi que de la distance des plans dans lesquels se trouvent les arbres.

Les roues de ce genre s'appellent *roues hyperboliques*.

La fig. 3 est le dessin d'une roue à dents inclinées. Supposons que la distance entre les plans soit GH (fig. 1-2). Du centre O décrivez un cercle avec un rayon égal à la moitié de GH. De chaque point de division d'une dent menez des tangentes à ce cercle; les lignes qui forment une dent se rencontreront en un seul point situé sur cette circonférence.

Soit CD le plus grand cercle primitif; divisez la circonférence en 24 parties égales; de chacun de ces points de division menez une tangente au cercle GH; celui-ci sera aussi divisé en 24 parties égales.

Formez le cône C5D; faites BF égal à la longueur de la dent; menez EF parallèle à DC. Faites aussi le cône complémentaire CBD, portez sur la ligne BD la hauteur de la dent au-dessus et en dessous du cercle primitif.

Menez les lignes I 19 KL 7 J : vous aurez formé les deux cônes de la roue dans lesquels les dents seront dessinées.

Du point B comme centre décrivez l'arc de cercle primitif DX et indiquez-y les divisions des dents; dessinez-les suivant les formules.

Reportez le dessin des dents sur le plan de la fig. 1, dans laquelle est déjà tracé l'axe de chaque dent.

Prenez $x4 = o$ et $4y = p$., faites EF et AB perpendiculaires à l'axe de la dent. Placez sur ces lignes les épaisseurs de la dent déjà dessinée dans la fig. 2; vous aurez la dent AECDFB.

Joignez les points D, C, A et B au point de la tangente du cercle GH, de cette manière la dent n° 4 sera achevée.

Faites les mêmes opérations pour chaque dent successivement et vous obtiendrez le dessin figuré au n° 3.

Projetez tous les points du cercle GH sur la ligne GH (fig. 2); vous obtiendrez ainsi les points 1, 2, 3, etc.; faites la même chose avec les points qui se trouvent sur le cercle primitif 1', 2', 3' etc., joignez les points correspondants 1-1', 2-2', 3-3' etc., vous obtiendrez la direction de l'axe de chaque dent.

Vous achevez alors le dessin et vous obtenez la fig. 4.

La fig. 5 représente la couronne d'une roue garnie de dents en bois. Dans quelques cas on garnit de dents en bois dur les roues de commande; on obtient par là un mouvement plus doux, et le renouvellement des dents est très facile.

Dans les fig. 6-7-8-9-10, on voit comment les différentes parties d'un volant denté sont réunies. La couronne se compose quelquefois de 6, 8 ou 12 pièces détachées, et, dans quelques cas, les bras ou rayons sont aussi des pièces coulées séparément et ensuite assemblées comme le montrent les fig. 11 et 12.

EXERCICES.

1° Dessinez une roue droite avec dents en bois; le pas est de 100 mm., la largeur de la roue de 200 mm., le nombre de dents de 46. Echelle de 5 cent. par mètre.

2° Dessinez, à l'échelle de $\frac{1}{20}$, une roue en fonte de 120 dents. Le pas est de 60 mm., la largeur de 180 mm., la couronne est composée de 6 pièces.

3° Dessinez une roue conique de 32 dents qui s'engrène dans une autre de 60 dents. Les arbres sont situés dans un angle de 90°, et dans le même plan.

Le pas a 40 mm. et la largeur de la dent est de 120 mm. Faites ce dessin à l'échelle de $\frac{1}{10}$.

PLANCHE 15.

Engrenages à dents hélicoïdales.

Quand deux arbres forment un angle, et même dans le cas où ils ne sont pas dans le même plan, on emploie au lieu de roues coniques des roues à dents hélicoïdales. Les roues de ce genre peuvent être comparées à une partie d'une vis, dont les hélices sont très allongées et dans laquelle il y a autant de pas ou d'hélices qu'il y a de dents dans la roue.

Le pas de l'hélice est égal au pas de la dent, et l'inclinaison des dents des deux roues doit être la même.

L'inclinaison des dents dépend de l'angle d'intersection que forment les deux arbres.

Les roues à dents hélicoïdales peuvent aussi bien remplacer les roues droites que les roues coniques.

Si 2 roues hélicoïdales ont des dents ayant la même inclinaison ou bien des spires allant dans le même sens (hélices gauches ou droites) et si l'angle avec l'axe a 45°, ces deux roues hélicoïdales (2 à gauche ou 2 à droite) s'engrèneront l'une dans l'autre et pourront remplacer deux roues coniques.

Deux roues droites se trouvant sur des arbres parallèles situés dans le même plan peuvent être mises en mouvement par deux roues hélicoïdales. L'une doit avoir les spires à droite et l'autre à gauche; l'inclinaison des dents doit avoir un angle de 45°.

Pour dessiner une roue hélicoïdale on procède comme suit :

Soit un nombre de dents égal à 48, une largeur GI, un cercle primitif AB et un angle pour les dents de 45°.

Décrivez avec un rayon OA le cercle primitif et divisez sa circonférence en 48 parties égales. Deux de ces parties figurent la grandeur du pas.

Prenez *ij* (fig. 8) égal à la 48ᵉ partie du pas et *om* la hauteur de la dent; *mn* la face et *no* le flanc. Faites BD (fig. 2) égal à *mn* et FB égal

à *on*; décrivez des circonférences du centre O par les points F et D. Dans la fig. 3 faites GH = DC et GI égal à la hauteur donnée.

Divisez la hauteur en 6 parties égales et menez par les points de division des parallèles à GH.

Projetez les points de division du demi cercle (fig. 2) sur la ligne GH. Tirez la ligne 9-15 (fig. 3); elle formera avec la ligne des centres un angle de 45°.

Réunissez les points correspondants (fig. 3) par une ligne courbe; vous obtiendrez les lignes 5-11, 13-19, 15-21, etc. etc., qui donneront les axes des dents, qui sont dessinés sous la forme d'une hélice.

La fig. 8 donne la forme de la dent. Faites l'angle XEF = 45°, menez parallèlement à la ligne EF les lignes AB et C*m*, qui indiqueront les distances du flanc et de la face.

Projetez les points *k*, *l*, *i*, *j* en *k'*, *l'*, *i'*, *j'*, joignez ces points par des lignes et vous obtiendrez la forme de la dent telle qu'elle doit être dessinée dans les fig. 2 et 4.

Achevez le plan (fig. 2) en donnant à toutes les dents la forme voulue, cherchez les centres pour les courbes; vous trouverez que les points *g* et *e* seront les centres pour les parties *hk*, *fi*, etc. et les centres *c-a* serviront pour les parties *d* et *b*.

Dessinez d'abord sur la fig. 1 toutes les lignes de la fig. 3 pour obtenir les axes des dents.

Pour dessiner les épaisseurs des dents à la partie supérieure et à la partie inférieure, procédez comme suit :

Projetez les points 5-6-7-8, ils formeront un des côtés du sommet de la dent; les points 9-10-11-12 formeront l'autre côté de la même dent.

Pour les bases de la dent les points 1-2-3-4 donneront la courbe demandée. On remarquera que certaines lignes ne sont pas dessinées parce qu'elles sont cachées par la hauteur de la dent.

On procède ainsi avec toutes les dents pour achever le dessin.

Engrenages à chevrons.

Les engrenages à chevrons sont employés là où il y a beaucoup d'effort à transmettre et aussi dans le but d'éviter les secousses et les chocs.

Les dents, au lieu d'être en ligne droite dans leur largeur, sont formées de deux parties inclinées en sens inverse par rapport à l'axe de la roue et forment des chevrons sur le développement de la jante.

Généralement l'angle que forme la génératrice du cylindre primitif avec la dent est de 25°.

On les emploie aussi bien pour des arbres situés parallèlement que pour ceux qui sont à angle.

Les fig. 5-6-7 de la planche 15 représentent un engrenage conique à chevrons, avec des dents hélicoïdales. Son diamètre extérieur est de 1,540 mètres, la largeur de 335 mm., la hauteur de la dent de 80 mm., le nombre de dents de 45. Vitesse 180 tours à la minute. L'effort à transmettre est de 500 chevaux. Les arbres sont situés à angle droit.

Pour éviter l'usure des dents l'autre roue n'a que 43 dents.

L'échelle est de 10 centimètres par mètre.

Tirez la ligne AB, d'une longueur de 154 mm. (fig. 7); sur le milieu de cette ligne élevez la perpendiculaire CY. Prenez $ZY = \frac{AB}{2}$ et formez le cône complémentaire AYB.

Sur AY prenez AD = 80 mm., soit la hauteur de la dent, plus l'épaisseur de la couronne. Faites AN et NI suivant les formules indiquées plus haut.

Tirez les lignes NP-IJ DE parallèlement à AB. Faites QC = NQ et formez le cône ACB; sur l'arête AC faites AR = 335 mm., menez la parallèle RS à AB. De cette manière la roue sera dessinée sans aucune dent.

Pour le plan fig. 6, décrivez les circonférences du centre X avec les rayons XL = RQ; XH = AZ.

Divisez la demi circonférence en 23 parties égales; divisez aussi la largeur de la dent HL en deux parties égales et décrivez du centre X un cercle avec un rayon X4. De chacun des 23 points situés sur ce cercle décrivez un cercle avec un rayon égal à X4. Ces 23 cercles viendront tous se réunir au point central X.

Ensuite vous décrirez encore 23 arcs de cercle ayant tous leur centre sur la même circonférence que les autres et qui couperont les 23 cercles sur le cercle 4-4 situé sur le milieu de la longueur de la dent.

Ils se rencontreront tous de nouveau en un seul point X.

Vous obtenez de cette façon la ligne du milieu de chaque dent 1*a*1, 2*b*2, 3*c*3, 4*d*4 etc.

Divisez les lignes HX et AC chacune en vingt parties égales.

Décrivez du point X comme centre autant de demi circonférences qu'il y a de points de division sur HX. Menez 19 parallèles à la ligne AB.

Calculez l'épaisseur du sommet de la dent et marquez-la sur les lignes du milieu de chaque dent, pour pouvoir les dessiner. La manière de procéder est bien clairement indiquée pour le dessin de la dent n° 13 du plan.

Pour faire le dessin des dents dans la fig. 7 projetez les dents du plan; par exemple, pour avoir la ligne du milieu de la dent n° 6 vous projeterez le point 6 du plan sur la ligne AB en 6 et puis les points 2, 3 et 4 sur les lignes correspondantes 2-3-4. Les points 5′, 6′, 7′ sur les lignes horizontales 5′, 6′ et 7′.

Si on continue l'opération jusqu'au bout on verra que toutes les dents viendront se rejoindre au sommet C du cône comme dans les roues d'angles ordinaires.

Après l'achèvement de la fig. 7 on y marquera l'épaisseur des dents, et on finira le dessin comme il est indiqué dans la fig. 5.

Exercices.

1° Dessinez deux roues hélicoïdales; l'angle d'inclinaison des dents est 45°. Echelle : 75 centimètres par mètre.

Le diamètre du cercle primitif de la roue est de 30 mm. et a 30 dents; le diamètre de l'autre roue est de 200 mm. et a 20 dents. La largeur est de 50 mm. Les arbres sont parallèles. Dans ce cas-ci on doit remarquer

que l'angle d'inclinaison pour l'une des roues est à droite et que pour l'autre il est à gauche.

2° Dessinez la roue à chevrons indiquée par les fig. 5-6-7 sur une échelle de 25 centimètres par mètre.

PLANCHE 16.

Engrenages à vis sans fin.

Les engrenages à vis sans fin sont composés d'une roue et d'une vis; leurs axes sont à angle droit sans cependant se couper. Les axes sont dans des plans différents.

La vis sans fin peut également travailler dans une crémaillère.

La fig. 1 donne le dessin d'une vis sans fin s'engrenant dans une roue de 26 dents. Le diamètre de la vis a 68 mm., le cercle primitif de la roue a un diamètre de 288 mm.

Tirez la ligne des centres KN (fig. 1) et faites RB perpendiculaire sur cette ligne.

Faites AC égal à la moitié de 68 mm. et décrivez le cercle primitif de la roue avec le rayon CO égal à la moitié de 228 mm.

Divisez ce cercle en 26 parties égales et dessinez les dents suivant les formules données ci-haut. Le dessin est fait à l'échelle de 2 centimètres par mètre.

Menez ensuite la ligne GH perpendiculaire sur KN et projetez les différents points de la roue.

Décrivez un cercle du point M comme centre avec un rayon

$$MI = \frac{68}{2} \text{ mm.},$$

puis les circonférences d'échanfreinement et d'évidement, c'est-à-dire le côté extérieur et le côté intérieur du pas de vis.

Pour trouver l'inclinaison de la dent prenez (fig. 3) *mn* égal à la circonférence primitive de la vis, et *mo* égal au pas, joignez les points *on* par une ligne droite. Sur cette ligne prenez *pqr* égal à la largeur de la dent de la roue, et élevez des perpendiculaires *pu* et *rs*. Des points *t* et *u* menez deux parallèles à la ligne *mn*. La distance *st* indiquera l'inclinaison de la dent ou d'une spire.

Quand les dents seront dessinées dans la roue de la fig. 1 prenez la distance 3.13 égale à *st* ou l'inclinaison de la dent, et achevez la roue.

Projetez ensuite les points de la roue 1-1, 2-2, 3-3 jusqu'à 19-19 sur la fig. 2 et aussi les points 13-13 jusqu'à 17-17.

Joignez les points 13.3, 14.4, 15.6, 16.7 etc., vous obtiendrez ainsi le dessin des dents.

Pour faire la dent de la vis sans fin, supposons une section faite par un plan passant par l'axe de la vis et de la roue.

Vous avez la dent *abcd* de la roue; faites la dent correspondante sur

la vis, comme si c'était une crémaillère; vous obtenez *efgh*; *gh* est le sommet de la dent et aussi de la vis qui travaillera dans le creux de la dent *abcd*.

Pour dessiner l'hélice, commencez par diviser le demi cercle M*g* en 6 parties égales, et menez les rayons vers le centre M.

Divisez aussi en 6 parties égales le demi pas *xy*, et menez de ces points des parallèles à la ligne RO; projetez les points 1-2-3-4-5 jusqu'à leurs points correspondants; vous obtenez ainsi les points d'intersection 1′ 2′ 3′ 4′ 5′ 6′ qui, réunis par une ligne courbe, formeront le côté extérieur d'un pas de l'hélice.

Cette même opération doit se faire pour la racine de la dent ou de la spire intérieure : on obtient ainsi les points 7′ 8′ 9′ 10′ et 11′.

Construisez des calibres en bois tendre pour ces deux courbes, afin de pouvoir dessiner proprement toutes les spires.

Tirez ensuite les lignes 6*y*, 6*y′* à la distance de la largeur du sommet de la dent *fg*, et achevez la vis sans fin.

Dessinez le bâti pour finir le dessin en plan et en élévation.

Les fig. 4, 5, 6 représentent une vis sans fin travaillant dans une crémaillère.

La partie L de la crémaillère (fig. 4) qui est hachurée, indique une section faite par son axe. L'inclinaison de la dent s'obtient comme dans la figure précédente.

Exercice.

Dessinez une vis sans fin à double pas; le diamètre du cercle primitif est de 10 centimètres, le diamètre du cercle primitif de la roue est de 40 centimètres. Le nombre de dents est de 30. La largeur de la roue est de 80 mm. Le dessin doit être fait à l'échelle de la moitié de la grandeur naturelle.

On remarquera que l'inclinaison *mn*, comme l'indique la fig. 3, doit être prise en double parce qu'il s'agit ici d'un double pas.

PLANCHE 17.

Roues elliptiques.

Les roues elliptiques sont employées pour régulariser autant que possible le déplacement irrégulier d'une pièce à mouvement de va et vient produit par le mouvement circulaire d'une manivelle.

On place les deux engrenages elliptiques de telle façon que leur axe soit au milieu de l'ellipse, que leurs dents restent constamment engrenées et que la longueur totale des rayons en contact soit toujours égale au grand rayon plus le petit rayon d'une roue. La roue qui commande a toujours un mouvement circulaire et son axe une vitesse égale, tandis que la roue commandée aura : 1° un sens de rotation inverse; 2° une vitesse différentielle, qui sera en rapport indirect avec les rayons qui sont en contact.

Si on place le bouton de la manivelle sur le petit rayon de la roue commandée, l'influence du déplacement irrégulier (avec l'emploi d'une manivelle et bielle) sera beaucoup moins sensible.

Les fig. 1 et 2 représentent une disposition de ce genre : deux roues elliptiques de 48 dents, dont les axes des ellipses primitives ont 400 et 300 mm. La manivelle est fixée à la roue de commande A et la bielle F l'est d'un côté à la roue commandée en Q et de l'autre à la pièce N', qui est mue d'un mouvement de va et vient.

L'ellipse est construite de la manière suivante. Le grand et le petit axe sont à angle droit. Du centre A, point d'intersection des deux axes, décrivez deux circonférences ayant pour rayon la $\frac{1}{2}$ du grand et la $\frac{1}{2}$ du petit axe. Divisez l'une de ces circonférences en un certain nombre de parties égales.

Menez vers ces points des rayons qui diviseront le cercle intérieur en un même nombre de parties égales. Par les points de division du cercle extérieur menez des lignes parallèles au petit axe, et par les points du cercle intérieur menez des parallèles au grand axe. Les points d'intersection de ces lignes indiquent par où doit passer l'ellipse.

Cherchez à l'aide d'épures géométriques les différents centres de cette ligne courbe et au moyen de 8 centres vous pourrez tracer très approximativement l'ellipse au compas.

Après que l'ellipse primitive est construite et que la hauteur des dents est indiquée, on fait les divisions des dents.

Les flancs des dents sont tracés au moyen de lignes qui partent des 8 centres de chacun des arcs de cercle. Les dents tracées sur l'arc IE2 ont pour centre le point *a*; celles qui sont tracées sur 2-3 ont *b* et celles qui le sont sur 3D3 ont *c* pour centre. Ou mieux encore les flancs des dents seront perpendiculaires à l'ellipse primitive.

On devra faire attention, en désignant les centres A et B, à ce que la distance soit égale à la moitié de la longueur totale des deux axes; dans le cas présent elle est de $\frac{300 + 400}{2} = 350$ mm.

Suivant la fig. 1 le bouton P sera déplacé vers N'. Si on demande un dessin avec le bouton en P'', le deuxième bouton Q sera en Q'' parce que la longueur de la bielle QP et celle du bras de la manivelle BQ restent invariables.

Tirez la ligne Q'''BQ'' qui indique la position du petit axe de la roue B.

La position de la roue A doit être déterminée ensuite sur le dessin en supposant que le bouton soit arrivé au point P.

On sait que AB est égal à la moitié de la longueur totale des axes, soit

$$\frac{IJ + GH}{2} = AB.$$

Décrivez du centre A deux circonférences ayant pour rayon la moitié de chaque axe. Faites l'angle 2AF = NBQ, et la ligne FAE sera la direction du grand axe; menez ensuite la ligne CAD perpendiculaire sur EF vous obtenez ainsi le petit axe de la roue.

Par le deuxième cas on prendra l'angle HBQ'' égal à 2AF pour construire les roues.

Engrenages excentriques.

Quand on emploie une roue excentrique A pour commander une roue elliptique B, on obtient le même résultat que dans le cas où l'on ferait usage de deux roues elliptiques tournant sur leur centre. Dans ce cas la vitesse de déplacement du cercle primitif de la roue excentrique n'aura que la moitié de la vitesse de l'ellipse primitive de la roue.

Le bouton de la manivelle est placé sur le petit axe de l'ellipse en B, et la distance des deux centres CA est égale à la longueur de la moitié du petit axe plus le plus grand rayon conducteur de la roue excentrique, ou bien, du plus petit rayon conducteur de la roue excentrique, plus la moitié du plus grand axe de la roue elliptique.

L'excentricité AB, ou le centre de rotation A de la roue excentrique, doit être égal à la moitié de la différence entre le grand et le petit axe de la roue elliptique, et le nombre des dents doit être la moitié de celui des dents de la roue elliptique.

Dessiner les roues quand la position du bouton E est donnée :

Portez la longueur de la bielle ED sur la circonférence CD, menez le rayon ou la manivelle CD, prolongez la ligne; vous obtenez ainsi la position du petit axe de la roue elliptique. Faites la perpendiculaire GH sur le milieu de IJ.

Du point *c* comme centre, avec des rayons équivalant à la moitié du grand et du petit axe, décrivez deux circonférences.

Sur la ligne XY, avec une ouverture de compas égale à la moitié de B″F, décrivez une circonférence qui sera tangente à celle du petit axe; du point F, et avec le même rayon, une circonférence qui sera tangente à celle du grand axe en O. Le centre de la dernière circonférence est B′ et la distance B′B″ déterminera l'excentricité de la roue.

Du point A comme centre, avec un rayon de la moitié de B′B″, décrivez le cercle d'excentricité, décrivez-en un second avec un rayon de B′F qui sera tangent à la circonférence du petit axe et dont le centre se trouvera sur le cercle d'excentricité, par conséquent en B. Ce sera le cercle primitif de la roue; le point A sera le centre de l'arbre. Pour terminer, divisez l'ellipse et le cercle primitif suivant le nombre de dents demandées.

Exercices.

1° Dessinez les roues de la fig. 1 quand le bouton P sera en P′. Ajoutez-y la vue de face (en grandeur naturelle).

2° Dessinez à la moitié de la grandeur naturelle une roue excentrique s'engrenant dans une roue elliptique, quand le bouton E est arrivé au point E′. Ajoutez-y la vue de face.

PLANCHE 18.

Dessiner un treuil.

Dessinez d'abord l'échelle, sachant que la distance du sol à l'axe de l'arbre KL est un mètre. Divisez cette longueur en dix parties égales et achevez l'échelle.

Menez la ligne du sol et puis la perpendiculaire AB, ainsi que les lignes MN et OP, à une distance de 910 mm.

A une distance du sol de 550 mm. menez la ligne CDF parallèle au sol, ainsi que la ligne GKL à une distance de 1 mètre.

Du centre S, avec un rayon de 409.5 mm., décrivez le cercle primitif de la grande roue; du même centre avec un rayon égal à 467.5 mm. décrivez un arc de cercle qui coupera la ligne GH au point Q.

Du point Q comme centre et avec QT comme rayon, décrivez le cercle primitif du pignon qui s'engrène dans la grande roue.

En prenant UR égal à la moitié de 390 mm. pour rayon, décrivez du point R le cercle primitif de la roue de la deuxième série. Divisez ce cercle en 78 parties égales pour contenir autant de dents, et divisez le pignon en 14 dents; le deuxième pignon a le même nombre de dents que le premier. La deuxième roue doit avoir 46 dents.

Le pas de la première série sera de 33 mm. et celui de la deuxième sera de 26 mm. On poura à présent achever les roues.

Dessinez les pieds suivant les dim nsions indiquées : 580 — 130 et 130 mm. Tirez les lignes aux endroits où viennent les boulons, à 678 mm. de distance.

Marquez sur l'axe de la figure le point V à une hauteur de 460 mm.

Du point W comme centre, avec un rayon de 235 mm., décrivez un arc de cercle et du point Y avec un rayon de 630 mm., décrivez un autre arc de cercle qui formera en partie le pied intérieur du bâti. Avec le même rayon augmenté de 100 mm., décrivez la partie extérieure du pied. Prolongez la ligne droite YW jusqu'à Z et de ce point comme centre, avec un rayon de 840 mm., décrivez l'arc de cercle qui formera la partie extérieure du bâti.

Faites la même opération de l'autre côté de la figure et vous aurez la forme du bâti.

On achève la vue de face suivant les cotes indiquées.

Pour la mise à l'encre de la fig. 1, on commencera par les parties qui sont situées dans le premier plan; ici c'est la roue de 46 dents et le levier *aa*. Puis le bâti, le tambour et enfin la grande roue et la roue à rochet. De cette manière on tracera plus facilement les lignes pointillées pour représenter la forme des pièces cachées.

Ce treuil est calculé pour un effort de 1500 à 2000 kilogrammes.

Les fig. 3, 4, 5, 6 représentent un vérin à vis pouvant produire un effort de 2000 kilogr. La fig. 5 en représente la coupe suivant la section AB.

La fig. 6 en représente le plan lorsque la vis est enlevée de son socle. La fig. 4 est en partie sectionnée pour montrer la formation de la tête et de l'écrou.

Une vis à filet carré avec bouton rond D dans lequel sont pratiqués deux trous, pour permettre d'y passer un levier quand la vis doit être déplacée. Au dessus du bouton on remarque la tête E qui tourne sur le bout de la vis; dans cette tête est engagée une petite vis G qui l'empêche de tomber.

EXERCICES.

1° Dessinez à l'échelle de 20 centimètres par mètre un treuil comme celui de la fig. 1. Ajoutez-y toutes les vues et coupes nécessaires pour l'exécution.

2° Dessinez en grandeur naturelle un vérin d'une force de 2000 kilogrammes; faites la vue de face, la coupe et le plan.

PLANCHE 19.

Chaînes.

On peut obtenir le même résultat avec les chaînes qu'avec les câbles ou cordes.

Les chaînes sont forgées d'un nombre relativement grand de pièces faites en fer, en acier ou dans un autre métal.

Ces pièces sont nommées *maillons*; ceux-ci sont indépendants l'un de l'autre, peuvent être déplacés ou faire charnières.

La fig. 1 représente une chaîne à mailles ouvertes, en fer rond et dont la section est un cercle.

Les fig. 2 et 3 représentent des chaînes étançonnées, c'est-à-dire dont les mailles sont reliées à l'intérieur : de cette manière elles sont beaucoup renforcées.

Pour le calcul de la résistance d'une chaîne ordinaire (fig. 1) on a

$$d = 0{,}211 \sqrt{P} \text{ et } P = 22\, d^2,$$

d = diamètre du fer en millim., P = la force en kilogrammes que peut supporter la chaîne.

Pour les chaînes à mailles étançonnées

$$d = 0{,}194 \sqrt{P} \text{ et } P = 26{,}7\, d^2.$$

Toutes les autres dimensions dérivent du diamètre d.

Les fig. 4 et 5 représentent une chaîne munie d'un tourillon permettant d'y attacher l'une ou l'autre pièce; le tourillon A peut facilement être enlevé et replacé.

Les fig. 6 et 7 représentent un anneau double avec son tourillon A et son maillon mobile B.

La fig. 8 représente un crochet pour grues, disposé pour recevoir une corde ou câble. L'ouverture du crochet qui doit recevoir la corde devra être aussi large que le diamètre de la corde qui doit y passer. Les côtés intérieurs du crochet seront arrondis et polis, afin de ne pas endom-

mager la corde; les dimensions seront largement calculées pour la partie qui est exposée à la plus grande traction. Comme on peut le voir sur le dessin, toutes les dimensions découlent de l'unité qui est

$$1 = 1{,}3\ \delta.$$

Le crochet en fer forgé et aplati suivant la section A arrive plus loin à une section circulaire B.

Soit P l'effort en tonnes anglaises

δ en pouces anglais est le diamètre de la corde

$$\delta = 1{,}74 \sqrt{P}.$$

Le diamètre extérieur de la vis du tourillon est $\frac{3}{8}\ \delta$.

Souvent on donne aussi les différentes dimensions des crochets d'après le diamètre du fer rond avec lequel on forge le crochet.

La section du plus petit diamètre du crochet, quelle que soit sa forme, sera exprimée par la formule

$$d_1 = 0{,}75 \sqrt{P}.$$

Ce qui correspond à une charge de 2 $^1/_2$ tonnes anglaises par pouce carré. Le diamètre d du fer rond sera

$$d = \sqrt{P} \quad \text{ou bien} \quad P = d^2 \text{ tonnes}$$

et d pourra donc être pris pour unité dans les fig. 9 et 10.

La fig. 11 représente une chaîne Vaucanson faite en fil de fer rond. Les crochets de ces chaînes n'étant pas soudés, elles ne peuvent être soumises à de grands efforts.

Fig. 12. Dessin d'une chaîne à longues mailles plates, à têtes renforcées.

La fig. 13 représente une chaîne composée de mailles longues et courtes.

La fig. 14 représente une chaîne de Galle. La forme et l'assemblage des mailles sont bien indiqués sur le dessin. Le nombre de lames dans chaque maille et leur épaisseur sont proportionnels à la charge que la chaine doit supporter.

Les boulons en acier servent à relier les mailles, et les rouleaux en cuivre qui garnissent les boulons évitent l'usure et le frottement.

Ce genre de chaîne est employé quand la vitesse est petite et quand la charge à soulever est très grande.

Les boulons de la chaîne sont faits en proportion de la denture du pignon (fig. 15) dans lequel ils doivent s'engrener. On emploie de préférence les chaînes de Galle pour les grues et les ponts roulants.

Par l'emploi des chaînes de Galle, la construction des appareils de levage est beaucoup simplifiée. Le tambour est beaucoup plus étroit et le diamètre plus petit.

La chaîne s'engrène entre les dents du tambour et prend 3, 4 ou 5 dents :

avec	8	dents	on soulevera	3,000 kilogr.
»	9	»	»	4,000 à 10,000 kilogr.
»	10	»	»	20,000 kilogrammes.

Soit r le cercle primitif du pignon; $n =$ nombre de dents;
$l =$ la longueur de la maille; $\delta =$ l'épaisseur de la maille
et n' le nombre de lames.

$$n = 8 \quad - \quad 9 \quad - \quad 10$$
$$r = 1{,}3066\, b \quad 1{,}3619\, b \quad 1{,}6180\, l,$$
$$\delta = \frac{0{,}35}{i + n'} \sqrt{P}, \qquad d = 0{,}57\,(n' + 2)\,\delta$$

Les fig. 17-18 représentent un pignon de renvoi ou de guide pour chaînes à mailles ordinaires.

Le rayon A sera pour un pignon à

$$3 \text{ côtés } A = 0{,}5773\,[25\,(p + i) + (p - i)] - \frac{d}{2};$$

$$4 \text{ » } A = \frac{0{,}7071\,(p + i) + (p - i)}{1{,}414} - \frac{d}{2};$$

$$5 \text{ » } A = (p + 1) - \frac{d}{2}.$$

p est l'ouverture intérieure des mailles dans le sens de la longueur,
i » » » » » » largeur.

Les fig. 27, 28 et 29 représentent des poulies guides pour chaînes à mailles ordinaires d'une épaisseur de 6 à 30 mm. Les mailles dans la fig. 27 sont dans la gorge suivant un angle de 45° ce qui est plus recommandable que la disposition de la poulie de la fig. 29, où les mailles sont à plat dans la gorge.

Le diamètre des poulies guides est :

Diamètre du fer	$d = 6$ à 13,	de 13 à 20,	de 20 à 25 mm.
Diamètre	$D = 20d$,	$D = 18d$,	$D = 15d$.

Les fig. 24, 25 et 26 représentent des roues le plus souvent employées pour ponts roulants, dans les fonderies, ateliers de construction, etc.

Les dimensions indiquées sont calculées pour transporter un poids de 1,500 kilogrammes.

Les 4 roues AA se déplacent sur une poutrelle en fer étiré.

Exercices.

1° Dessinez 4 maillons d'une chaîne ordinaire pouvant supporter un poids de 2000 kilogrammes. Grandeur naturelle.

2° Dessinez les mêmes maillons avec étançons.

3° Dessinez en grandeur naturelle un crochet pouvant supporter un poids de 2000 kilogrammes et qui pourra servir pour la chaîne ci dessus.

4° Dessinez une chaîne de Galle avec pignon de 10 dents et pouvant supporter une charge de 2000 kil. Echelle : 1/2 de la grandeur naturelle.

5° Dessinez une poulie guide, dont d, le diamètre du fer, a 10 mm. Echelle : demi grandeur naturelle.

6° Dessinez une installation comme fig. 24-25, pouvant transporter 1500 kil. Echelle de 20 centimètres par mètre

Dessinez en outre en grandeur naturelle la coupe d'une poulie, le tourillon, le crochet et tous les détails nécessaires en vue de la construction.

PLANCHE 20.

Poulies.

Les poulies servent à transmettre au moyen de courroies le mouvement d'un arbre tournant à un autre.

Les diamètres des poulies sont en rapport avec la vitesse des arbres, ainsi qu'avec le chemin parcouru par la courroie.

La force des poulies dépend du travail à transmettre.

La largeur b_1 de la jante dépassera légèrement la largeur b de la courroie

$$b_1 = 20 \text{ mm.} + 1{,}1b.$$

La plus petite épaisseur s de la jante

$$s = 2 \text{ mm.} + 0{,}01\text{R}.$$

L'épaisseur du milieu de la jante $0{,}03b_1$.

La flèche p de la partie bombée de la jante

$$p = 0{,}02b_1.$$

Le nombre de bras est égal au nombre entier se rapprochant le plus du produit de la formule suivante

$$0{,}7\frac{\text{R}}{d}.$$

Les bras ont généralement une section ovale et ont au moyeu les dimensions suivantes :

Nombre de bras		3 —	4 —	5 —	6 —	7 —	8 —	10
Hauteur	h	$1{,}5d$	$1{,}36d$	$1{,}26d$	$1{,}19d$	$1{,}12d$	$1{,}08d$	d

» au moyeu h_1 $0{,}8h$, l'épaisseur $f = 0{,}4h$;

l'épaisseur du moyeu $w = 10$ mm. $+ 0{,}4h$; la longueur $l = 2{,}5$ à $3{,}5w$;

le diamètre des boulons au moyeu $g = 0{,}5$ à $0{,}6w$.

Les poulies (fig. 1-2), servent de guide-courroies et ont des bords relevés pour empêcher la courroie de tomber.

La hauteur du bord est généralement 3 à 4 fois l'épaisseur de la courroie; l'épaisseur du bord est égale à celle de la courroie.

Les fig. 3 et 4 représentent une poulie avec bords plats à l'intérieur, destinés à consolider la poulie, la jante pouvant alors être plus légère. On emploie principalement ce genre de poulies pour les machines dynamos, parce que l'huile qui coule sur l'arbre est projetée dans la poulie, et ne saurait en échapper étant retenue entre les flanges de la jante.

La fig. 5 représente la poulie ordinaire à cinq bras courbés. La section des bras est elliptique.

Pour tracer les bras courbés, tirez les rayons AB et AC, formant entre eux un angle de 30°. De B tirez B2 en formant avec la ligne AC un angle de 60°. L'angle B2*c* = 60°.

Décrivez l'arc AB ayant 2 pour centre et A2 pour rayon; ce sera l'axe du bras.

Du point A comme centre, avec un rayon de la moitié de la largeur du bras au moyeu, tirez un cercle. Du point B comme centre, avec un rayon de la moitié du bras à sa hauteur, décrivez également un cercle.

Décrivez ensuite des centres 1 et 3 deux arcs de cercle tangents à ces deux petits cercles : vous formerez ainsi le bras de la poulie.

La fig. 7 indique une autre manière d'obtenir les bras courbés. Divisez la distance entre deux bras consécutifs en trois parties égales, tirez, de la deuxième division $\frac{2}{3}$, le rayon $\frac{2}{3}$A, et menez en ce point A la perpendiculaire AC. Sur le milieu de AB menez la perpendiculaire ED. Le point d'intersection D sera le centre de la courbe du bras AB.

Tirez la ligne BD : vous trouverez sur celle-ci les centres des courbes extérieures et intérieures du bras.

La fig. 8 représente une poulie à bras à doubles courbes.

Tirez le rayon AB et formez l'angle DAC égal à 45° ou la moitié d'un angle droit.

Faites $AD = \frac{2\,AB}{3}$ et tirez DC perpendiculaire sur le rayon AC; C sera le centre de la première courbe. Le centre E de la deuxième courbe se trouvera sur le prolongement de la ligne CB.

Les fig. 9-10 représentent des poulies avec des bras en forme d' S d'un autre modèle.

Les fig. 11-12 représentent des poulies à 4 bras et composés de deux demi pièces. Des poulies de ce genre se placent facilement et ont aussi l'avantage, quand elles sont de grande dimension, de pouvoir être transportées sans difficulté.

Généralement on les coule d'une seule pièce, la jante ne forme qu'une seule couronne, tandis que deux des bras et le moyeu sont séparés par une légère ouverture.

La jante est tournée et achevée en son entier sur le tour, le trou est foré un peu plus petit que le diamètre de l'arbre sur lequel la poulie doit être placée. Quant tout est ainsi achevé on fend la jante juste au-dessus des bras.

La poulie est fixée sur l'arbre au moyen de deux ou de quatre boulons, et sans employer de clavette.

Les fig. 13-14-15 indiquent des poulies de 5 ou 6 bras. Les poulies pour lesquelles on emploie cette disposition sont celles qui ont déjà un

certain diamètre. Elles sont faites de deux pièces. Au moyeu se trouvera quatre boulons et à la jante deux, pour assembler les deux parties.

La fig. 17 représente une poulie fixe et une poulie folle. Le moyeu de la poulie folle est plus long que celui de la poulie fixe, afin d'augmenter la surface de frottement et de diminuer l'usure de l'arbre. L'intérieur de ce moyeu est garni d'une buselure en métal blanc.

La fig. 18 représente une poulie très large appelée tambour. Elle présente deux rangées de bras.

Le moyeu étant ainsi beaucoup plus long on fait le trou avec une chambre, c'est-à-dire une partie évasée.

On construit aussi des poulies en fer battu, en papier, en bois.

Il existe aussi des jantes en tôle perforée qui donnent une adhérence plus grande pour les courroies à grande vitesse.

Exercices.

1° Dessinez une poulie en fonte à l'échelle de $\frac{1}{5}$, pour une courroie double de 250 mm. de largeur.

Le diamètre est de 800 mm., le nombre de tours de 200 par minute; les bras sont courbés et la jante bombée. Le diamètre de l'arbre est de 100 mm.

2° Dessinez la même poulie que ci-dessus avec des bras en forme de S.

3° Dessinez une poulie de deux pièces à quatre bras. Le diamètre de la poulie est de 1000 mm., la largeur de la courroie est de 200 mm., le nombre de tours de 150 par minute. L'échelle de 25 centim. par mètre.

4° Dessinez la même poulie avec 6 bras et ajoutez-y la coupe.

PLANCHE 21.

Câbles et Poulies à gorges.

Pour la transmission d'efforts puissants, on remplace quelquefois les courroies par des câbles en chanvre ou en aloès.

La coupe des gorges des poulies a la forme d'un V.

Quand il ne s'agit de transmettre qu'un petit effort, le câble touche alors le fond de la gorge, ainsi que pour les poulies guides.

Dans la plupart des cas le câble ne touche que les deux côtés de la gorge, entre lesquels il prend la forme d'un V par l'effet de la traction, ce qui l'empêche de glisser.

On emploie généralement des cordes d'un diamètre de 30 à 50 mm Les câbles en chanvre sont formés de trois torons tordus ensemble, suivant un angle déterminé.

La vitesse des câbles est de 10 à 22 mètres par seconde. La courbe que forme le câble quand il est soumis à un effort est à peu près une parabole. Il est à conseiller de placer le brin conducteur en dessous.

Pour calculer le diamètre des câbles on doit considérer qu'une corde en chanvre peut subir une traction de 0,8 kil. par millimètre carré, le $\frac{1}{10}$ et même le $\frac{1}{15}$ est adopté comme coefficient de sécurité. En pratique pour les câbles de transmission passant par des poulies à gorges on emploie :

$\frac{1}{15}$ *comme coefficient de sécurité.*

Un câble	de	50	mm.	de diamètre	=	100	kilogrammes.
»	»	45	»	»		80	»
»	»	40	»	»		63	»
»	»	35	»	»		50	»
»	»	30	»	»		36	»

$\frac{1}{10}$ *comme coefficient de sécurité.*

Un câble	de	50	mm.	de diamètre	=	150	kilogrammes.
»	»	45	»	»		120	»
»	»	40	»	»		96	»
»	»	35	»	»		73	»
»	»	30	»	»		50	»

On entend par *effort* d'une pièce quelconque (courroie, câble, engrenage, etc.) le produit de sa force par la distance qu'elle parcourt (le nombre de kilogrammes multiplié par le nombre de mètres parcourus).

Il suffit donc de connaitre la vitesse des câbles pour calculer l'effort en kilogrammes.

Supposons une poulie à gorge d'un diamètre de 5870 mm., un nombre de tours de 65 par minute, et une force à transmettre de 150 chevaux. Le nombre de câbles de 50 mm. de diamètre sera déterminé par la formule suivante, avec un coefficient de sécurité de $\frac{1}{15}$:

Vitesse des câbles par seconde

$$\frac{5{,}870 \text{ mètres} \times 3{,}1416 \times 65 \text{ tours}}{60} = 20 \text{ mètres.}$$

$$150 \text{ chevaux} \times 75 = 7875 \text{ kilogrammètres}$$

ou 7875 kilogrammes ayant une vitesse de 1 mètre par seconde,

$$\text{à la vitesse de 20 mètres} = \frac{7875}{20} = 393{,}50 \text{ kilogrammes.}$$

Une corde de 50 mm. peut transmettre 100 kil. avec un coefficient de $\frac{1}{15}$.

Donc $\frac{393{,}5}{100} = 4$ cordes et une poulie à cinq gorges; si on ajoute une corde comme supplément on a en tout 5 cordes.

Formule anglaise pour calculer la force en chevaux que les câbles peuvent transmettre :

$$H = \frac{C^2V(N-1)}{5000}$$

H = nombre de chevaux,
C = circonférence du câble en pouces anglais,
V = vitesse en pieds par minute,
N = nombre de câbles.

Table pour câbles en chanvre.

Diam. en mm.	Poids au mètre en kilogram.	NOMBRE DE CHEVAUX. Vitesse en mètres par seconde.										
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
30	0.600	4.80	5.28	5.76	6.24	6.72	7.20	7.68	8.16	8.64	9.12	9.60
35	0.805	6.66	7.32	8.00	8.66	9.32	10.00	10.70	11.30	12.00	12.60	13.30
40	1.05	8.40	9.24	10.08	10.92	11.76	12.60	13.44	14.28	15.12	15.96	16.80
45	1.33	10.66	11.72	12 79	13.86	14.92	16.00	17.05	18.12	19.29	20.25	21.32
50	1.64	13.33	14.64	16.00	17.32	18.66	20.00	21.40	22.60	24.00	25.20	26.66

Remarque. La table est calculée avec un coëfficient de sécurité de $\frac{1}{15}$. Pour un coëfficient de $\frac{1}{10}$ augmentez le nombre de chevaux de la moitié : Un câble d'un diamètre de 50 mm., ayant une vitesse de 15 mètres par seconde, transmettra 15 chevaux (suivant la table) pour un coëfficient de $\frac{1}{10}$. On aura donc

$$20 + \left(\frac{20}{2}\right) = 30 \text{ chevaux.}$$

Les poulies à gorges sont, comme les poulies ordinaires, composées d'une pièce ou de deux demi pièces. Elles sont le plus souvent en fonte ; par exception la jante et le moyeu sont en fonte et les bras en fer forgé.

La section des gorges est représentée par la figure 2. La gorge forme un angle de 45°, mais en certains cas on en fait à 30°.

Les données qui suivent s'appliquent à des poulies à gorges de 45°.

Mesures anglaises.

D = diamètre du câble.

$A = 1\frac{1}{4} D + \frac{1}{4}$

$B = \frac{1}{8} D + \frac{3}{16}$

$C = \frac{1}{4} D$

$E = 1\frac{3}{8} D + \frac{3}{16}$

$F = \frac{1}{2} D + \frac{1}{16}$

$G = \frac{1}{4} D + \frac{3}{16}$

$H = D$

Echelle de proportion pour les gorges.

(Fig. I).

Sur une ligne horizontale 2″ O marquez O 1″ = 1″2″, qui représentent 1 pouce anglais. Marquez sur la division 1″ 2″ les subdivisions du pouce $1\frac{1}{8}$, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{3}{8}$ etc.

Elevez sur ces divisions des perpendiculaires sur la ligne O 2″, indiquez en O les divisions $\frac{1}{16}$ - $\frac{2}{16}$ - $\frac{3}{16}$ et $\frac{4}{16}$.

Sur la perpendiculaire 2″ A″ indiquez les longueurs que vous aurez trouvées en calculant les données ci-dessus et prenant D = 2 pouces.

$$A = \left(1\frac{1}{4} \times 2\right) + \frac{1}{4} = 2\frac{3}{4} \qquad F = \left(\frac{1}{2} \times 2\right) + \frac{1}{16} = 1\frac{1}{16}$$

$$B = \left(\frac{1}{8} \times 2\right) + \frac{3}{16} = \frac{7}{16} \qquad G = \left(\frac{1}{4} \times 2\right) + \frac{3}{16} = \frac{11}{16}$$

$$C = \frac{1}{4} \times 2 = \frac{1}{2} \qquad H = 2$$

$$E = \left(1\frac{3}{8} \times 2\right) + \frac{3}{16} = 2\frac{15}{16}.$$

Tirez les lignes obliques, A vers le point $\frac{4}{16}$, D vers O, E vers 3, F vers 1, G et B vers 3 et C vers O.

Sur les lignes 1″, $1\frac{1}{8}$, $1\frac{1}{4}$ etc., vous trouverez les dimensions concernant la gorge.

Ainsi pour un câble de 1 ½ pouce de diamètre, toutes les dimensions de la gorge seront indiquées sur la ligne $1\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2}$.

La fig. 2 nous montre les dimensions d'une gorge pour câble de 1 pouce de diamètre.

Fig. 3 : la jante d'une poulie à 1 gorge pour câble d'un diamètre de 2″.
Fig. 4 : id. id. pour deux câbles.
Fig. 5 : la jante d'une poulie à deux gorges pour câbles croisés.

Les fig. 6-7-8 sont des sections pour câbles de $1\frac{3}{4}$″; les fig 9-10, pour câbles de $1\frac{1}{2}$″.

La fig. 11 représente la jante d'une poulie à double gorge, pour poulie galopin ou poulie de tension; le câble travaille dans le fond de la gorge.

Les fig. 12-13 représentent des jantes de poulies à gorges pour câbles de 1″ et la fig. 14 des jantes pour câbles de 1″ travaillant dans la disposition croisée.

Les fig. 15-16-17 sont les différents dessins d'une poulie à 4 gorges, composée de deux pièces.

Le moyeu, pour assurer le serrage, est garni de deux bagues en fer forgé que l'on chauffe au rouge et que l'on adapte à chaque extrémité du moyeu; le rétrécissement assure un calage parfait.

Les fig. 18-19-20 représentent un volant pour moteurs, garni de 18 gorges; le diamètre est de 32 pieds anglais; les 12 bras sont fixés dans des trous alésés dans le moyeu et maintenus au moyen de clavettes, et, d'autre part, attachés à la jante par 4 boulons. La jante se compose de 12 segments; chaque bras supporte un de ces segments, qui sont assemblés entre eux au moyen de six boulons.

On remarque sur la jante une série de dents d'engrenage (fig 19) dans lesquelles le pignon d'un petit moteur s'engrènera pour déplacer le volant quand on voudra travailler à l'une ou l'autre pièce de la grande machine à vapeur.

EXERCICES.

1° Dessinez une échelle de proportions pour les gorges de câbles, en grandeur naturelle.

2° Dessinez une poulie à 6 gorges, les câbles ayant un diamètre de 1 $^1/_2$''. Le diamètre de la poulie est de 10 pieds anglais. Le diamètre de l'arbre est de 10 pouces, la vitesse de 180 tours par minute. Echelle de 2'' pouces par pied.

3° Faites le même dessin que ci-dessus à l'échelle de $\frac{1}{5}$ de la grandeur naturelle.

PLANCHE 22.

Robinets, clapets et soupapes.

Les robinets, les clapets et les soupapes servent à introduire dans une tuyauterie les liquides, les gaz ou la vapeur.

Dans un robinet ordinaire le boisseau est conique et l'orifice d'écoulement présente une forme allongée, ce qui permet de réduire la clef. Celle-ci ferme hermétiquement l'ouverture. Si l'ouverture de la clef coïncide avec celle du boisseau, il y a communication. Si la clef est déplacée d'un quart de tour, la communication est interrompue.

L'inclinaison des côtés de la clef est généralement calculée de la manière suivante. Le plus grand diamètre de la clef pour une longueur de 100 mm. diffère du plus petit diamètre de

$$2 \times \frac{100}{9} = 22{,}22 \text{ millimètres.}$$

Les robinets sont le plus souvent en cuivre; on en fait aussi en fonte, et, dans des cas exceptionnels, en plomb ou en étain.

L'épaisseur δ pour robinets en fonte (fig. 1) est représentée par la formule

$$\delta = 12 + \frac{D}{50}.$$

Pour les robinets en cuivre, munis de brides ou flanges, l'épaisseur δ est égale aux $\frac{2}{3}$ de ceux en fonte; donc :

$$\delta = \left(12 + \frac{D}{50}\right)\frac{2}{3}.$$

Toutes les autres dimensions restent les mêmes et dérivent de δ et de D et sont indiquées sur la fig. 1, pour robinets à brides avec des clefs massives.

La fig. 2 montre un robinet avec clef creuse et le boisseau aplati sur les deux côtés.

Des robinets plus petits ont le prolongement de la clef garni d'un pas de vis sur lequel se trouve un écrou qui sert à fixer la clef.

Dans les grands robinets appliqués aux chaudrières il n'y a pas d'ouvertures dans le bas du boisseau. L'ouverture supérieure est fermée et rendue étanche par des bourrages comme l'indiquent les fig. 3-4.

Les différentes dimensions en pouces anglais sont :

d = diamètre de la tuyauterie (fig. 4 et 5)

δ = épaisseur de la clef en cuivre $= 0{,}12\sqrt{d} + \frac{1}{8}$ pouce.

δ » » » fonte $= 0{,}18\sqrt{d} + \frac{1}{4}$ »

δ_1 » du boisseau en cuivre $= 0{,}18\sqrt{d} + \frac{1}{8}$ »

δ_1 » » » fonte $= 0{,}25\sqrt{d} + \frac{1}{4}$ »

Diamètre de la clef au milieu de sa longueur : $1{,}18d$.

Dimensions de l'ouverture de la clef : $1{,}18d \times 0{,}66$.

Partie au-delà de l'ouverture $= 0{,}08d + 0{,}4$.

Profondeur de la boîte à étoupes $= \frac{1}{8}d + \frac{1}{2}$.

Diamètre de la clef dans le couvercle $= \frac{1}{8}d + \frac{1}{8}$.

Pente ou inclinaison de la clef : $\frac{1}{12}$ de chaque côté.

Les autres dimensions sont indiquées sur la figure.

Les fig. 5-6 sont les dessins d'un grand robinet.

Le bourrage est serré au moyen d'un couvercle, qui est vissé au boisseau au moyen de quatre vis. Le couvercle s'ajuste dans une entaille circulaire A faite dans le boisseau. C'est le meilleur système pour obtenir l'étanchéité parfaite pour les grandes pressions.

Les mêmes formules que celles que nous avons reproduites ci-dessus sont applicables à ce genre de robinet.

En pratique on rencontre dans une conduite de tuyaux et de robinets les quatre dispositions reproduites dans les fig. 9-10-11-12. Si les tuyaux sont disposés de manière à former un angle de 120°, on prend la fig. 10. Les fig. 10-11 sont applicables aux robinets à trois voies; la fig. 12 aux robinets à quatre voies ou à deux voies à volonté.

Si le diamètre et le recouvrement CD sont connus on trouvera comme suit le diamètre de la clef mesuré à la moitié de sa longueur. Décrivez deux cercles au milieu de la clef, le premier avec un diamètre égal à celui du tuyau, et le second avec un diamètre égal au recouvrement CD.

Tirez des tangentes au premier cercle; elles indiqueront la direction des tuyaux; divisez en deux parties égales le plus petit angle qui se trouve entre les tuyaux les plus rapprochés, comme *a* et *b* (fig. 9); dans les fig. 11 et 12 c'est un angle droit.

Les points XX sont des points d'intersection du cercle décrit du point milieu de l'axe de la clef; ce cercle indiquera la section moyenne de la clef.

Dans les fig. 7-8 les clefs sont creuses avec un trou rectangulaire sur le côté, qui donne libre cours au liquide à laisser échapper. Cette disposition est surtout usitée pour les robinets d'injection des condenseurs.

Clapets.

Les clapets sont employés dans les pompes et aussi aux tuyaux d'aspiration; on les appelle alors *clapets de retenue*.

Ils sont faits en fonte et aussi en cuivre, mais généralement ce sont des plaques recouvertes d'une garniture en cuir.

Le cuir est découpé circulairement au diamètre de la bride A (fig. 13, pl. 22) et rend ainsi le joint des tuyaux C et B complètement étanche. En enlevant de cette flange en cuir une partie annulaire XXX et en ayant soin de laisser la partie D intacte, on obtient le cercle E qui peut se lever et se fermer; la partie D agit comme charnière.

Les grands clapets sont construits comme l'indique la fig. 14. Un petit clapet additionnel s'ajuste dans le grand clapet A. La surface du petit est le $\frac{1}{3}$ du grand. La largeur du siège est la $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{12}$ partie du diamètre du clapet; le plus grand angle que peut former le clapet en s'ouvrant est de 35°.

Les fig. 22-23 représentent des clapets pour petits tuyaux employés dans la tuyauterie des pompes d'alimentation des chaudières à vapeur (clapets de retenue). Ils servent à empêcher que la vapeur de la chaudière n'entre dans la pompe quand celle-ci est arrêtée.

Le plus souvent ils sont en cuivre, rarement en caoutchouc. Celui-ci doit être de toute première qualité.

Le piston de la pompe à air et à eau froide est toujours avec clapet-rondelle de caoutchouc qui sert de clapet de fermeture (fig. 24-25-26).

Sur le grillage B (fig. 24 et 27) repose la rondelle en caoutchouc; au centre du grillage se trouve le bouton A, et la coupe C retient la rondelle en caoutchouc. La coupe C sert à empêcher que le caoutchouc ne se lève à une trop grande hauteur, ce qui le mettrait de suite hors d'usage.

L'unité de construction est $t = \frac{1}{5}\sqrt{D}$.

Aujourd'hui on remplace avantageusement la grande rondelle par plusieurs petits clapets en caoutchouc, construits de la même manière.

Soupapes.

Les soupapes le plus en usage, c'est-à-dire celles qui s'ouvrent et se ferment en ligne droite, sont des disques en métal avec un bord conique. Elles sont automatiques, c'est-à-dire qu'elles s'ouvrent et se ferment par la pression ou l'aspiration du liquide, sans le secours d'aucun mécanisme.

La fig. 15 représente une soupape à siège conique et quatre ailes droites, vulgairement appelée soupape conique à ailettes.

La fig. 16 représente une soupape du même genre mais les ailes sont obliques, de manière qu'au moment où elle se soulève, elle est légèrement déplacée dans le sens circulaire par la vapeur ou par l'eau. De cette façon la soupape ne retombe pas toujours au même endroit, ce qui obvie considérablement au martelage du siège.

La soupape (fig. 7) est guidée par une tige cylindrique qui l'empêche de se renverser en se levant.

Il existe des soupapes à sièges plats (fig. 18); on en trouve aussi dont la tige est guidée par le dessus de la soupape.

La condition essentielle que doit remplir une soupape est qu'elle ouvre et ferme complètement et rapidement l'ouverture des tuyaux.

La hauteur de levée d'une soupape est généralement le 1/4 de l'ouverture; elle est donc égale à la surface du tuyau d'alimentation.

En effet soit D = diamètre du tuyau d'alimentation,
H = hauteur de levée de la soupape,

on a $$D^2 \times 0{,}7854 = H \times D \times 3{,}1416 = H \frac{D}{4}.$$

La fig. 19 représente une soupape conique avec sa boîte B. En se levant les ailettes frottent dans la partie cylindrique D. La hauteur de levée est limitée par le bouton E qui est attaché au couvercle.

L'angle que forme le côté du cône ne peut pas être trop petit, les soupapes adhèrent souvent trop fortement; une pente de 45° de chaque côté parait répondre le mieux au but demandé.

La projection horizontale de la pente peut avoir une largeur de

$$\frac{1}{6}\sqrt{D} + \frac{1}{16} \text{ pouce.}$$

La fig. 20 représente une soupape à boulet. Le boulet est le plus souvent fait en métal afin d'avoir le poids nécessaire. Le boulet, en fermant l'ouverture, tombe dans une calotte sphérique. La hauteur de levée est réglée par la bride A. On l'emploie le plus dans des petites pompes fonctionnant avec une grande vitesse.

Les fig. 28-29-30 représentent une soupape employée pour de très grandes pressions hydrauliques.

Les passages AA sont en ligne droite, l'obturateur B est garni des deux côtés de métal blanc ou bien est construit en bronze phosphoreux.

En tournant le volant C, la vis D montera et descendra pour ouvrir ou fermer l'orifice des tuyaux.

Les dimensions sont indiquées en mesures anglaises.

Le bourrage E sert à rendre la tige étanche pendant qu'elle monte ou descend. Le couvercle F a un joint annulaire F qui produit un assemblage de toute sécurité.

Ces soupapes peuvent supporter jusqu'à 800 livres anglaises de pression, et sont même éprouvées à 2000 livres.

EXERCICES.

1° Dessinez en grandeur naturelle un robinet à brides dont l'orifice D = 40 mm.

2° Dessinez un robinet de vidange pour chaudière à vapeur et pour un tuyau de 75 mm. de diamètre intérieur. Grandeur naturelle.

3° Dessinez un robinet à trois voies de 50 mm. (diamètre des orifices). Grandeur naturelle.

4° Dessinez en demi grandeur naturelle un clapet de 200 mm.

5° Dessinez dans la grandeur d'exécution une soupape de retenue (fig. 19). Diamètre des tuyaux : 150 mm.

Faites le plan et dessinez séparément la soupape avec la coupe.

6° Dessinez à l'échelle de 25 cent. par mètre un piston avec clapet à rondelle. Le diamètre de la pompe est de 500 mm.

PLANCHE 23.

Robinets à soupape d'arrêt.

Les fig. 1-2-3 représentent un robinet à soupape pour vapeur, dont la conduite a 3 pouces de diamètre intérieur.

La partie en fonte *c* a la forme d'un tonneau et est munie de deux brides destinées à faire l'assemblage avec les tuyaux.

Une troisième bride, perpendiculaire par rapport aux deux autres, est réunie au couvercle.

La partie intérieure *cc* est divisée en deux parties par la cloison EE. Dans la partie horizontale de cette cloison est pratiquée une ouverture circulaire, pour donner passage à la vapeur, ou mieux encore pour faire communiquer les deux tuyaux attachés à la soupape.

L'ouverture forée est garnie d'une tubulure en bronze, qui sert de siège à la soupape.

La tige en cuivre G, filetée en partie, porte un écrou H également en cuivre, et sert à lever et descendre la soupape. A la partie inférieure de G est un collet K qui s'ajuste dans une coulisse de la soupape, de telle manière que celle-ci reste libre dans tous ses mouvements.

La tige sert simplement à ouvrir et fermer la soupape.

Les vis de la boite à étoupes ont $\frac{7}{16}''$ de diamètre. La bride du couvercle

a un diamètre de 8 1/2 pouces. Le cercle du centre des boulons 6 3/4 pouces, et les 4 boulons ont pour diamètre 3/4 de pouce.

Le filet de la tige G a $1 \frac{1}{16}''$ de diamètre, le pas $\frac{3}{16}$.

Les autres brides ont un diamètre de 7 1/2 pouces, 6 pouces pour le cercle des centres des boulons et quatre boulons de $\frac{5}{8}''$.

Les fig. 4-5 indiquent une soupape système Lethuillier et Pinel.

La conduite des tuyaux forme un angle droit, l'ouverture des tuyaux a 100 mm. de diamètre intérieur.

Le pont A est venu de fonte avec le couvercle et la boîte à bourrages, ce qui fait que la tige E conserve dans le démontage et le remontage sa bonne direction rectiligne.

Le bourrage de la boite peut être facilement renouvelé pendant que la pression s'exerce dans la conduite. Pour obtenir ce résultat on ouvre complètement la soupape jusqu'à ce que la partie conique I de la tige vienne s'adapter dans la partie creuse J du couvercle.

La bague H qui sert à presser le bourrage est munie de 2 crochets qui s'accrochent dans l'écrou du pont A. De cette manière la bague reste suspendue pendant que l'ouvrier remplace le bourrage.

La partie supérieure de la tige est filetée, la partie inférieure a une tête carrée qui est logée dans une chambre faite dans le dessus de la soupape.

La pièce K sert de guide, pour maintenir la tige dans sa direction verticale.

A l'extrémité de la tige est marquée une échelle dont les divisions indiquent le point d'ouverture et de fermeture.

Les fig. 6 à 10 indiquent différents systèmes de soupapes et de sièges.

Fig. 6 : une soupape d'arrêt sans guides.

Fig. 7 : une soupape d'arrêt à 4 guides.

Fig. 8 : une soupape dite à lanterne, avec de grandes ouvertures dans les guides.

Fig. 9 : une soupape consistant en un anneau en cuir, en caoutchouc, quelquefois aussi en bois.

Fig. 10 : une soupape à garniture Jenkins. Les anneaux d'étanchéité sont de longue durée; on les remplace facilement en dévissant l'écrou.

Les soupapes et les sièges, dans les tuyauteries dans lesquelles passent des acides, sont faits en fonte.

La fig. 13 représente un système de robinet à soupape servant à alimenter une chaudière à vapeur; elle fait voir comment l'eau d'alimentation entre dans la chaudière et aussi de quelle manière l'alimentation est interrompue.

La pression de la vapeur s'exerce d'une manière constante sur le clapet A et ferme ainsi l'orifice.

Quand la pompe foule l'eau, la soupape A se lève, la pression de la pompe foulante étant plus grande que celle de la vapeur. Le clapet se ferme instantanément quand l'alimentation cesse.

Les fig. 11-12 sont les dessins d'un détendeur ou réducteur de vapeur. Il sert à réduire la pression de la vapeur venant de la chaudière, quand un appareil à bouillir, à sécher, etc., exige une basse pression.

La vapeur entre à pleine pression en A, rencontre une résistance contre la soupape C, produite par le ressort à boudin D, ainsi que par le cylindre E Le manomètre F indique la diminution de la pression.

EXERCICES.

1° Dessinez un robinet d'arrêt pour tuyau d'un diamètre de 2 pouces, en grandeur naturelle.

2° Dessinez à l'échelle d'une demi grandeur naturelle une soupape, dite de coin (fig. 5), d'un orifice de 3 pouces.

3° Dessinez un robinet d'arrêt automatique (soupape de retenue) ayant 70 mm. d'orifice, à l'échelle de 40 centimètres par mètre.

PLANCHE 24.

Soupapes de sûreté.

La soupape de sûreté ordinaire à levier.

La loi prescrit ce qui suit concernant les soupapes de sûreté :

On placera sur la chambre de vapeur de chaque chaudière deux soupapes de sûreté à sièges plats. Les diamètres des orifices fermés par les soupapes seront proportionnels à la surface de chauffe de la chaudière et à la plus haute pression de la vapeur.

La formule suivante sert à calculer le diamètre des soupapes de sûreté :

$$d = 2.6\sqrt{\frac{s}{n - 0{,}412}}.$$

d = le plus petit diamètre de l'orifice en centimètres.
s = surface de chauffe en mètres carrés.
n = pression dans la chaudière, en atmosphères.

L'anneau plat ou le siège sur lequel repose la soupape aura 3 mm. de largeur.

La fig. 1 représente une soupape de sûreté double avec orifices de 50 mm. La partie A est rivée sur la chambre à vapeur et quelquefois sur le dôme; la vapeur suit les deux branches BB et vient exercer une pression sur les deux soupapes. Cette pression est contrebalancée par le poids C attaché au bout des leviers D. Quand on veut vérifier si la soupape ne colle pas, on appuie sur le levier E qui soulevera le poids D. Si la soupape est collée la vapeur ne s'échappera pas. Dans ce cas on lève légèrement le levier E, puis, au moyen d'une clef fixée sur l'écrou F, on fait tourner la soupape plusieurs fois sur son siège.

La fig. 2 est le dessin de la partie F sur une plus grande échelle, de même que la fig. 5 pour la partie G.

Les fig. 7 et 8 représentent des soupapes à air, le plus souvent construites en cuivre. Elles ont un diamètre de 20 mm. Elles sont employées dans le but que voici :

Quand un réservoir ou récipient cylindrique en tôle ou en cuivre est

rempli de vapeur destinée à chauffer, ainsi qu'il arrive principalement dans les machines à sécher, et que cette vapeur se refroidit, il s'y produit un vide, après sa condensation complète; en d'autres termes quand la vapeur est redevenue de l'eau (son état primitif), la pression atmosphérique agit sur la partie extérieure du cylindre, et il arrive souvent qu'elle l'écrase.

Afin de l'éviter on place dans les parois une soupape, qui est tenue étanche à l'intérieur par la pression de la vapeur; quand le vide se produit dans le cylindre, la pression extérieure ou mieux la pression atmosphérique ouvre la soupape, qui laisse entrer l'air, et il s'exerce ainsi une pression extérieure et une pression intérieure qui se compensent et empêchent l'écrasement.

Exercices.

1° Dessinez une soupape de sûreté avec un tuyau qui laisse échapper la vapeur. Diamètre 60 mm. Pression de la vapeur : 6 atmosphères. Echelle : 20 cent. par mètre.

2° Dessinez la soupape de la fig. 4 à l'échelle de 40 cent. par mètre. Faites toutes les vues, sections et plans Faites le dessin de la soupape, et de sa tige en grandeur naturelle.

PLANCHE 25.

Les fig. 1-2 représentent une soupape de sûreté à échappement progressif, système Lethuiller et Pinel.

Les soupapes faites d'après ce système sont d'une construction simple, d'un fonctionnement facile et offrent beaucoup de sécurité. La chambre A est en bronze phosphoreux très dur. Le rodage de la soupape s'effectue facilement et sans danger parce qu'elle se trouve enfermée complètement dans la chambre A.

Les tourillons sont remplacés par des supports à couteaux en acier G et I.

Quand la soupape se lève le couteau G soulève le levier H; celui-ci bascule sur son point d'appui I. Le levier glisse dans la coulisse L pour empêcher qu'il ne prenne une position oblique.

La fig. 4 est une coupe du support K qui indique comment le couteau I repose dans la partie creuse.

La fig. 3 représente le bout du levier avec le couteau I qui fait corps avec lui. A l'autre extrémité du levier est attaché le poids N, et un support O qui empêche le poids de se déplacer et le tient toujours dans une position perpendiculaire au levier lorsque celui-ci se lève.

La fig. 9 représente, sur une grande échelle, une soupape fermée. La fig. 8 indique la position qu'elle prend quand elle est ouverte. La fig. 10 est le plan de la soupape, la fig. 10' le plan du siège.

La soupape se compose d'un couvercle circulaire C sur lequel vient s'adapter un plus petit E. Sur les côtés sont 4 nervures DD, qui s'ajustent

dans un anneau circulaire A. Le couvercle inférièur a quatre guides BB qui font partie de la boîte A.

Grâce à cette disposition la soupape ne peut se retourner, et retombe toujours exactement à la même place.

A la partie supérieure de la soupape est fixé un hexagone qui permet, au moyen d'une clef, de tourner la soupape sur son siège, ce qui est d'une grande facilité pour le rodage.

Le grand avantage de cette soupape consiste en ce qu'elle se soulève automatiquement et progressivement suivant la pression, ce qui permet d'évacuer beaucoup plus de vapeur avec un moindre diamètre que les soupapes ordinaires.

Les fig. 11-12 représentent des soupapes du même système pour bateaux à vapeur et locomotives. La contrepression a lieu au moyen d'un ressort à boudin A, qui est réglé par la vis B et l'écrou C. La vis D sert à limiter la levée, le levier E à soulever la soupape pour les essais. Cet appareil est généralement construit entièrement en bronze ou en cuivre.

Exercices.

1° Dessinez une soupape système Lethuiller et Pinel, dans la grandeur d'exécution. L'orifice a 70 mm. Faites les plans, les coupes et tous les dessins nécessaires à donner au modeleur.

2° Dessinez, à l'échelle de 50 centimètres par mètre, deux soupapes de sûreté comme fig. 1-2. Plans, coupes, élévation, vues de côté. Diamètre 50 mm.

3° Dessinez à la même échelle une soupape pour bateau à vapeur; diamètre 30 mm.

PLANCHE 26.

Arbres de transmission.

Les arbres de transmission sont presque toujours construits en acier. La longueur varie entre 4-5-6 et quelquefois 7 mètres.

Le diamètre des arbres en acier s'obtient à l'aide de la formule suivante :

Soit d = le diamètre de l'arbre en pouces anglais.
K = force en chevaux.
n = nombre de tours par minute.

$$d = 4{,}5 \sqrt[3]{\frac{K}{n}}.$$

La formule en mesures métriques dans laquelle d sera en millimètres

$$d = 114 \sqrt[3]{\frac{K}{n}}.$$

La fig. 1 représente un arbre plein d'une épaisseur uniforme sur toute

la longueur, la fig. 2 un arbre avec collet à ses extrémités, la fig. 3 un arbre à collets rapportés, la fig. 4 un arbre à bouts renforcés, la fig. 5 un arbre avec brides pour l'assemblage et la fig 6 un arbre renforcé à son milieu et à ses extrémités.

Tourillons (fig. 7). Les arbres ont quelquefois, à une ou aux deux extrémités, des tourillons.

La hauteur e sera égale à

$$e = 3 + \frac{7}{100} d.$$

La largeur du collet $1{,}5\,e$, la longueur l du tourillon dépend du nombre de chevaux à transporter. Généralement la longueur l est 3 à 4 fois d.

On veillera avec soin à ce que les coins soient arrondis avec un rayon égal à la moitié de e, de même que pour les coussinets qui travailleront dans ce tourillon.

Bagues d'arrêt ou collets rapportés.

Pour empêcher que les arbres ne se déplacent dans le sens de leur longueur, on les munit de bagues d'arrêt.

On emploie aussi ceux-ci pour obvier au déplacement latéral des poulies folles. On les exécute en fonte et en fer forgé.

Les bagues d'arrêt ne peuvent être placées qu'à une seule extrémité des arbres, et le plus près possible des roues d'engrenage s'il y en a. Par suite de l'augmentation de la température dans l'atelier, les arbres doivent, en effet, pouvoir se dilater librement et sans que des frottements inutiles se produisent.

Tableau pour bagues d'arrêt ou collets rapportés.

Mesures anglaises.

Diam.	arbre	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	3	3 1/4	4	4 1/2	5	6
»	collet	1 5/8	1 7/8	2 1/4	2 5/8	3	3 1/4	3 1/2	4 1/8	4 1/2	5 1/4	6	6 1/2	7 3/4
Largeur	»	7/8	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 5/8	1 3/4	2	2 1/8	2 1/4	2 3/8	2 1/2	3
Nombre de vis		1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Tableau pour bagues d'arrêt ou collets rapportés en fonte.

Mesures métriques.

Diamètre	arbre	25	30	35	40	45	50	55	60	mm.
»	collet	45	55	65	72	80	90	100	110	»
Largeur	»	20	25	28	30	33	36	40	42	»
Diamètre	arbre	65	70	75	80	85	90	95	100	»
»	collet	120	125	135	150	160	170	175	180	»
Largeur	»	45	48	50	50	53	55	55	60	»

Collets rapportés en fer forgé.

Diamètre arbre	25	30	35	40	45	50	55	60	mm.
» collet	40	48	60	70	74	84	90	95	»
Largeur »	9	9	10	13	14	16	16	16	»
Diamètre arbre	65	70	75	80	85	90	95	100	»
» collet	100	105	110	118	125	130	135	140	»
Largeur »	16	18	18	18	18	18	20	22	»

Pour fixer les collets rapportés sur les arbres, on se sert de une, deux ou trois vis de pression, comme l'indiquent les fig. 13 et 14, pl. 6, à têtes noyées.

Manivelles.

Il existe deux genres de manivelles : les manivelles à main et les manivelles simples de machines. Elles accomplissent le même travail qu'un excentrique, c'est-à-dire qu'elles transforment un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne alternatif, avec cette différence qu'au moyen des manivelles on peut également réaliser le contraire (on peut transformer un mouvement de va et vient rectiligne en un mouvement circulaire continu, comme dans les moteurs).

Dans les excentriques le premier mouvement est seul possible.

Les fig. 14-15 représentent une manivelle en fonte; la fig. 12 en donne une vue d'arrière; la fig. 13 donne la coupe sur l'axe. Les différentes dimensions indiquées sont en mesures anglaises.

Fig. 16-17: manivelle en fer forgé.

Fig. 20 est la coupe d'une manivelle d'une machine de bateau à vapeur, faite en acier de toute première qualité.

Après que le bouton A est achevé, on le presse sur les deux bras CC et on les fixe au moyen de clavettes.

Les extrémités des arbres BB sont fixées de la même manière; ces arbres ont de plus des brides qui servent à les accoupler aux arbres de prolongement.

Les trous forés dans les bras sont de $\frac{1}{1000}$ plus petits que les diamètres sur lesquels ils doivent être pressés.

Ce travail se fait à chaud.

Les clavettes ont 2 1/4 pouces de largeur, 1 1/2 pouce d'épaisseur.

Dans les brides il y a 8 trous de boulons de 1 1/2 pouce d'ouverture.

Le bouton A et les arbres BB sont creux : c'est la meilleure disposition pour obtenir une plus grande résistance à la torsion avec un même poids de métal. La seule différence est que le diamètre de la section est plus grand.

Plateaux-manivelles.

Dans les petits moteurs, ou ceux qui travaillent à grande vitesse, on applique les plateaux-manivelles.

Les fig. 18-19 représentent un plateau à bouton de manivelle. A côté du bouton *d* il y a une partie creuse en A'A', tandis que du côté opposé il y a une partie plus lourde, afin d'équilibrer le plus possible la manivelle lorsqu'elle tourne.

Les différentes dimensions sont :

$D' = D$ à $1{,}2D$;	$E = 0{,}4D$;
$B = 0{,}7D$ à D;	$F = 2d$;
$A = 0{,}9B$;	$H = d$ à $1{,}5d$;
$C = 0{,}25D$;	$L = B$ à $1{,}25B$.

On accouple quelquefois deux plateaux au moyen d'un bouton; ils remplacent alors la manivelle double.

Lorsqu'une machine se compose de deux ou plusieurs cylindres on emploie les arbres coudés.

Les fig. 24 et 25 représentent un arbre moteur d'une machine à vapeur à 2 cylindres; C et B sont les tourillons qui reçoivent les têtes des bielles; sur les parties DD on cale les volants.

A l'extrémité de l'arbre en A^3 il y a un plateau à bouton. L'arbre est supporté dans les trois coussinets A_3 A_2 et A.

Les fig. 26-27 représentent l'arbre de couche d'une machine à trois cylindres.

L'arbre se compose de 4 parties A, A_1, A_2 et A_3, des coudes BB', B_2 B_3 et B_4 B_5, qui y sont mis à chaud.

La disposition des coudes est indiquée par la fig. 27; ils forment entre eux un angle de 120°.

Manivelles à main.

Les manivelles à main (fig. 22 et 23) sont de deux sortes : les unes sont à manœuvrer par une personne et les autres par deux personnes.

A 1 personne :	*A 2 personnes :*
R = 360 à 450 mm.	R = 300 à 400 mm.
l = 400 à 480 »	*l* = 300 à 330 »
D = 40 à 45 »	D = 30 à 35 »

Exercices.

1° Dessinez un arbre de transmission à l'échelle de $\frac{1}{4}$, soit 0,25 par mètre. Une partie de l'arbre a un diamètre de 110 mm. et un tourillon à l'extrémité de 330 mm. de long. A une distance de 2 mètres à commencer de l'extrémité du tourillon, l'arbre est renforcé pour recevoir un volant; le diamètre de l'arbre est 160 mm. La longueur du moyeu du

volant est 500 mm. De chaque côté du volant il y a un coussinet de 350 mm. de longueur. A l'autre extrémité de l'arbre, à une distance de 2,25 mètres du centre du volant, il y a un coussinet de 330 millimètres de long.

2° Dessinez une manivelle en fonte, le diamètre de l'arbre étant de 5 1/2 pouces. Faites la coupe, la vue de face et de côté et le plan au $\frac{1}{5}$ de la grandeur naturelle. En outre le bouton avec son écrou, en grandeur naturelle.

3° Dessinez une manivelle en fer forgé pour un arbre de 8 pouces. Echelle de $\frac{1}{4}$. Vue de face, de côté, coupe, plan.

4° Dessinez un arbre coudé pour une machine à 3 cylindres, à l'échelle de 3 pouces par pied comme la fig. 26.

PLANCHES 27-28.

Manchons d'accouplement.

Le manchon d'accouplement sert à réunir et à fixer deux bouts d'arbres, de telle manière qu'ils ne forment qu'une ligne continue.

On aura surtout soin de placer les manchons d'accouplement très près des paliers, à 5 ou 10 centimètres du bord, et on évitera de monter une poulie transmettant une force de quelque importance, trop près de ces manchons.

Les fig. 1 à 5 représentent divers genres de manchons d'accouplement.

Ce sont des cylindres creux que l'on passe sur les bouts d'arbres à réunir et qui y sont calés au moyen de clavettes.

La fig. 5 représente des bouts d'arbres unis l'un à l'autre au moyen d'une queue d'aronde. De cette manière ils ne peuvent se séparer, ni glisser hors du manchon. Celui-ci est fixé sur les deux bouts par des clavettes.

Les fig. 7 et 8 montrent un manchon d'accouplement ordinaire à plateaux. Un plateau est fixé fortement sur le bout de chacun des arbres à réunir. Sa face extérieure est unie et tournée de telle façon qu'elle est perpendiculaire à l'axe de l'arbre. L'assemblage se fait au moyen de 4 ou 6 boulons.

L'unité de figure est δ

$$\delta = 0{,}35d + 10 \text{ mm.}$$

dans laquelle d est le diamètre de l'arbre.

Pour le diamètre des boulons $e = 0{,}25\,\delta$.

Comme on peut le voir sur le dessin, l'un des plateaux porte une saillie qui pénètre exactement dans la partie extérieure et évidée de

l'autre. Cette disposition a pour but de maintenir les deux arbres en ligne droite (1).

Les fig. 9-10 nous montrent le même système, mais les boulons et les écrous sont cachés par des rebords dont les plateaux sont munis. On remarque dans la fig. 9 que dans le côté droit les boulons sont à découvert, tandis qu'il y a un couvercle du côté gauche qui couvre le tout. De cette manière il n'y a pas de parties saillantes dangereuses pour celui qui doit surveiller et nettoyer la transmission.

La fig. 11 représente le même manchon d'accouplement que le précédent. Ce sont simplement les couvercles des boulons et écrous qui diffèrent.

Les fig. 12-13-14 sont les dessins d'un accouplement évidé. Avant de superposer les deux demi-parties A et B, on y introduit une feuille de papier, puis on serre les boulons; ensuite on fore le trou à la dimension voulue. Lors du montage de ces manchons sur les arbres on enlève le papier; de cette façon les boulons provoquent un serrage suffisant.

Les fig. 15-16 représentent un manchon pour bateaux à vapeur destiné à accoupler l'hélice à l'arbre de couche. L'arbre est creux, les plateaux et l'arbre sont faits d'une pièce en fer forgé.

Le corps des boulons est légèrement conique et bien rodé dans les ouvertures des plateaux, comme une clef dans un robinet.

Fig. 17-18-19-20. Ces figures représentent un manchon d'accouplement et de dilatation dit système *Oldham*, lequel se compose de trois pièces.

Les pièces A et B sont des plateaux clavetés sur les bouts des deux arbres; C est un plateau qui porte sur les deux faces une nervure carrée D dont les positions sont perpendiculaires ou en croix.

Chaque nervure D correspond à une rainure faite dans l'un des plateaux A ou B.

L'unité de figure est

$$\delta = 5 + \frac{d}{3}.$$

Les différentes dimensions sur le dessin résultent de l'unité δ.

Ce genre d'accouplement est beaucoup employé quand les arbres sont sujets à de trop grandes différences de température, et aussi quand un

---

(1) *Table indiquant les différentes dimensions :*

L = longueur du manchon; B = épaisseur du plateau;
D = épaisseur du manchon; D' = diamètre du plateau;
d = diamètre de l'arbre; *n* = nombre de boulons.

d		D'	*c*	D	L	*n*
en mm.						
30	35	180	85	75	170	4
40	45	210	100	95	200	4
50	55	250	115	110	240	4
60	65	285	130	125	255	4
70	75	315	145	145	315	4
80	85	360	160	160	360	6
90	95	400	180	180	400	6
100	110	450	200	200	440	6
120	130	505	220	220	460	8
140	150	560	240	260	480	8

des bouts n'est pas exactement en ligne droite ou à égale hauteur de l'autre. Le plateau *c* coulisse alors avec ses nervures dans les rainures du manchon.

Les fig. 21-22 représentent un manchon à frettes. Il se compose de deux demi-douilles, séparées suivant le plan diamétral. Le trou cylindrique est un peu plus petit que le diamètre des arbres.

Les douilles sont serrées au moyen de deux frettes qui épousent la surface extérieure légèrement conique du manchon. On effectue le serrage de ces frettes au moyen de coups de marteau. Le plus souvent les bouts des arbres ne sont pas polis mais simplement tournés pour obtenir une surface un peu rugueuse.

La longueur du manchon est généralement 4 à 5 fois le diamètre de l'arbre.

EXERCICES.

1° Dessinez en grandeur naturelle un manchon d'accouplement suivant fig. 7, le diamètre de l'arbre étant de 100 mm.

2° Dessinez dans la moitié de la grandeur naturelle un manchon à plateaux suivant fig. 11, le diamètre étant de 115 mm.

3° Dessinez un manchon de dilatation système Oldham pour arbres de 75 mm., grandeur naturelle.

4° Dessinez en grandeur naturelle un manchon à frettes pour arbre de 60 mm

Ajoutez à ces dessins toutes les vues et plans nécessaires pour la construction.

PLANCHE 28.

Les fig. 1-2 représentent un manchon composé de deux demi-douilles, séparées suivant un plan diamétral, et réunies par des boulons (2, 3 ou 4 de chaque côté).

Par le serrage des boulons on fixe les arbres (leurs bouts se rencontrent au centre du manchon). Quelquefois on fait usage d'une clavette.

Les têtes et les écrous des boulons sont cachés dans la partie cylindrique du manchon, de sorte que celui-ci peut aussi servir de poulie.

La longueur de ce manchon est généralement pour des arbres faibles de 4 fois leur diamètre, pour de gros arbres de 3 fois ou 4 fois, de manière que chaque bout de l'arbre a un encastrement de 1 1/2 à 2 fois son diamètre.

La longueur et l'épaisseur du manchon sont :

Diam. arbre	45-50	55-60	65-70	75-80	85-90	95-100	mm.
» manchon	120	140	160	175	195	215	mm.
Long »	200	220	240	260	280	300	»

En mesures anglaises.

Diam. arbre	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	pouces.
» manchon	$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$	$5\frac{3}{4}$	6	$6\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{4}$	$7\frac{7}{8}$	$9\frac{3}{4}$	$10\frac{1}{2}$	»
Long »	6	7	8	9	10	11	12	14	16	»
Diam. boulons	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	»
Nombre »	4	4	4	4	4	4	4	6	6	»

Les fig. 3-4-5 représentent un accouplement de *Sellers*. La surface intérieure du manchon est bi-conique Deux bagues fendues ou mieux deux cônes tronqués s'ajustent à l'intérieur du manchon. Les trous des bagues sont un peu plus petits que les diamètres des arbres à assembler.

Les bagues coniques sont placées avec les côtés les plus petits en regard et sont serrées au moyen de 3 boulons parallèlement à l'axe des arbres. Ce serrage produit le calage des arbres.

Le corps des boulons est carré et passe dans des ouvertures ménagées dans les bagues coniques.

Les fig. 6-7 représentent un manchon *Charlton*.

Les bouts d'arbres se trouvent dans deux fourreaux cylindriques fendus qui sont entourés d'un fort cylindre. Les arbres étant chacun en place, on introduira les vis coniques dans les ouvertures pratiquées entre le fourreau et le cylindre; on produira ainsi une grande pression qui empêchera les arbres de se déplacer.

Les fig. 8-9-10 représentent également un manchon composé de deux demi troncs côniques, qui s'ajustent dans une enveloppe cylindrique. On pose les clavettes dans les rainures des arbres, et l'on pousse les demi-cônes dans l'intérieur du manchon, en ayant soin que les ouvertures qui se trouvent dans les parties côniques correspondent avec celles du fond du manchon.

Les écrous des boulons sont fortement serrés, de manière que les demi-cônes empêchent le déplacement des arbres.

Les fig. 11-12-13 nous montrent un accouplement à dents. Lorsque deux arbres doivent être de temps en temps embrayés et débrayés et que leur vitesse n'est pas trop grande, ils portent sur leurs extrémités un demi-accouplement à dents. Une moitié est composée d'une pièce A clavetée sur l'arbre, l'autre d'une pièce B qui peut se déplacer dans le sens de l'axe sur l'autre arbre. Sur l'arbre on a fixé une clavette sur laquelle la pièce B glisse, mais qui est toujours entraînée avec l'arbre quand il tourne.

Sur la partie extérieure de A et B se trouvent des dents sous la forme de segments régulièrement disposés, qui peuvent s'embrayer lorsqu'on fait glisser au moyen d'une fourche la pièce B dans la pièce A, de manière qu'elles ne forment plus qu'une seule pièce; les deux arbres tourneront et auront la même vitesse.

Les fig. 14-15-16 représentent un accouplement à griffes. Les principes en sont les mêmes que pour l'accouplement ci-dessus, mais les parties extérieures sont formées autrement.

Les dents ont une certaine inclinaison et s'embrayent plus facilement, de façon que les arbres peuvent avoir une plus grande vitesse. Aussi

pour assurer la ligne continue des arbres, une partie de A passe dans une ouverture de l'autre pièce B.

Soit d le diamètre des arbres en mm., z le nombre de dents, on aura

$$z = 1 + \frac{d}{40}.$$

Quand deux arbres sont situés dans le même plan, mais dans une direction oblique, on emploie pour les réunir les accouplements en croix ou croisillons, comme l'indiquent les fig. 17-18-19.

Plus l'angle, que forment les arbres entre eux, est grand, moins il y a d'irrégularité de mouvement.

Cette irrégularité est moins sensible dans le système indiqué dans la fig. 19.

La fig. 19 représente le joint de Hooke qui est déjà un perfectionnement.

L'unité de figure $= d + 1$ pouce.

Exercices.

1° Dessinez un accouplement pour un arbre de 3 pouces de diamètre, suivant fig. 1. Grandeur naturelle, avec coupe.

2° Dessinez dans la moitié de la grandeur naturelle un manchon Seller pour arbre de 3 pouces. Vue de côté, et coupe.

3° Dessinez un accouplement à griffes pour arbres de 4 pouces. Vue de côté, coupe, grandeur d'exécution.

4° Dessinez un croisillon à l'échelle de 50 centim. par mètre pour arbres de 2 1/2 pouces.

PLANCHE 29.

Coussinets pour paliers.

Les coussinets des paliers doivent avoir une certaine longueur, afin que l'arbre aît une grande surface de contact; on empêche ainsi que l'huile ne s'écoule trop vite, et l'on évite la trop grande usure.

Les coussinets se font généralement en bronze, en bronze phosphoreux, quelquefois aussi en fonte, et pour de grands efforts on garnit l'intérieur ou la partie frottante de métal blanc, appelé « Babbit ».

Les fig. 1, 2 et 3 représentent un coussinet rond muni d'un prisonnier sur le côté, qui sert à empêcher qu'il ne tourne.

Les fig. 4, 5 et 6 représentent le même coussinet mais le prisonnier se trouve en dessous. Les fig. 7, 8 et 9 représentent un demi coussinet qu'on ajuste extérieurement à huit pans. Les fig. 10, 11 et 12 représentent un coussinet avec l'extérieur carré. Les fig. 13 et 14 représentent un coussinet carré en fonte garni de métal blanc.

Les différentes dimensions indiquées sur les figures dépendent toutes

de l'épaisseur du fond du coussinet t qu'on obtient par la formule qui suit, en mesures anglaises

$$t = (0,09\ d) + 0,15 = \text{pouces}$$

d = le diamètre de l'arbre.

Si d est indiqué en millimètres, l'épaisseur t en millimètres sera

$$t = (0,09\ d) + 4 = \text{mm.}$$

Par exemple pour un arbre de 150 mm. de diamètre l'épaisseur du fond du coussinet sera

$$t = (0,09 \times 150) + 4 = 17\frac{1}{2}\ \text{mm.}$$

La figure 24 est une échelle de proportions pour les différentes dimensions des coussinets, pour des arbres ayant de 30 mm jusqu'à 250 mm. de diamètre.

Pour construire cette échelle, divisez une ligne droite avec une ouverture de compas quelconque, soit 5 mm. pour chaque longueur de 10 mm. de diamètre des arbres, à partir de 0 jusque 250.

Descendez sur tous ces points des perpendiculaires sur la ligne 0-250.

Sur la ligne qui représente le diamètre de 250 mm., marquez la longueur t obtenue par la formule

$$t = (0,09 \times 250) + 4 = 26,5\ \text{mm.}$$

Soit de O à $t = 26,5$ mm. Divisez la ligne Ot en 10 parties égales et placez sur la ligne 250-1.8 toutes les dimensions que l'on voit sur les figures de 1 à 14, soit 0.2, 0.3, 0.4, 1.1, 1 2, 1.3 et 1.8.

Sur la première perpendiculaire en O, mettez une hauteur de 4 mm. qui indique le nombre constant. De ce point 4 menez les lignes obliques 4-0.2, 4-0.35, 4-0.75, 4-0.9, etc.

On divise de cette manière toutes les perpendiculaires proportionnellement à celle qui a été divisée suivant les formules.

Si, par exemple, on doit dessiner un coussinet d'un arbre ayant un diamètre de 150 mm., on trouvera sur la perpendiculaire 150 toutes les dimensions nécessaires pour dessiner l'une des figures 1 à 14.

Les fig. 15, 16, 17 et 18 représentent un palier à patin et semelle, généralement employé pour arbres ayant un diamètre de 30 à 110 mm. Le coussinet est rond, ayant un côté plat qui le fixe dans le palier pour empêcher qu'il ne tourne avec l'arbre.

Les différentes dimensions découlent de d_1 qui est l'unité de mesure

$$d_1 = 1,15\ d + 10\ \text{mm.}$$

Sur les figures on remarque par exemple les nombres 2.30 et 1.35 ou 1.75, les mesures seront :

$$2,30 \times d_1$$
$$1,35 \times d_1$$
$$1,75 \times d_1 \text{ etc.}$$

Si l'arbre a un diamètre de 100 millimètres, l'unité d_1 sera :

$$d_1 = (1,15 \times 100) + 10 = 125 \text{ mm.}$$

Les mesures ci-haut deviendront :

$$2\ 30 \times 125 = 287,5 \text{ mm.}$$
$$1,35 \times 125 = 187,5 \text{ mm.}$$
$$1,75 \times 125 = 214,75 \text{ mm.}$$

il en est de même pour les autres dimensions.

On peut faire de même une échelle de proportions pour les dimensions comme pour les coussinets (fig. 24).

Seulement, on doit prendre pour 250 (le plus grand diamètre de l'arbre)

$$(1,15 \times 250) + 10 = 287,5 \text{ mm.}$$

pour la hauteur de l'unité, et du côté du zéro il faut prendre une hauteur de 10 mm Les autres opérations restent les mêmes.

Les fig. 20, 21, 22 et 23 représentent un palier à patin et à semelle pour des arbres puissants qui doivent transmettre un grand effort.

Le chapeau, les patins et la semelle sont fixés au moyen de deux rangées de boulons, afin d'obvier aux trépidations.

L'unité de figure est la même que celle du palier précédent.

EXERCICES.

1° Dessinez un palier à patin et semelle comme fig. 15. Faites la vue de face, celle de côté, le plan, la coupe, le coussinet, en un mot tous les dessins nécessaires pour exécuter la construction. Le diamètre de l'arbre est de 90 mm. Echelle de 50 centimètres par mètre.

2° Dessinez dans tous ses détails, à une échelle de 25 centimètres par mètre, un palier à patin et semelle pour un arbre ayant un diamètre de 200 mm.

PLANCHE 30.

Les figures 1 à 9 représentent un palier pour arbre moteur, ayant à supporter l'effort de la manivelle.

Les parties frottantes du coussinet sont garnies de Babbit (métal blanc). La partie inférieure A du coussinet peut être enlevée du palier, et peut être réglée par l'intermédiaire des deux clavettes en acier B et des écrous *c* quand il y a usure sur le coussinet inférieur.

Le coussinet inférieur repose du côté droit contre le palier, tandis que du côté opposé il est arrêté par une pièce E attachée au chapeau, coulée avec elle.

La formule et les calculs appliqués dans la planche précédente peuvent l'être ici également. Les différentes dimensions sont en mm.

Les fig. 10 à 13 sont les dessins d'un palier dont le coussinet est composé de trois parties.

Les pièces de côté BB sont maintenues par deux clavettes en acier *cc*, dont les prolongements sont filetés et munis d'un écrou dépassant le chapeau.

Si le frottement de l'arbre a produit de l'usure sur les coussinets, on règle ceux-ci au moyen des clavettes *c*.

Les fig. 14-15 sont les dessins d'un palier que l'on emploie dans les transmissions pour câbles. La partie frottante de l'intérieur du coussinet est aussi en métal blanc.

Exercices.

1° L'arbre de couche d'un moteur a un diamètre de 150 mm. Dessinez dans tous ses détails un palier du genre de celui de la fig. 1. Echelle de 25 centimètres par mètre.

2° Dessinez un palier comme celui de la fig. 10, avec coupes, plans, etc., nécessaires pour la construction, à l'échelle de 20 cent. par mètre.

PLANCHE 31.

Paliers pendants.

Les fig. 1 à 4 sont les dessins d'un palier pendant système Seller, qui est attaché à des poutrelles en fer I.

Le coussinet, au lieu d'être fixé dans le palier, peut se mouvoir.

Le coussinet ressemble à un tuyau cylindrique, ayant à son milieu extérieur un bourrelet de forme sphérique reposant dans le palier sur des parties creuses; il permet au coussinet de suivre tous les mouvements de l'arbre en cas de flexion.

Dans le dessin on voit que les demi-coussinets ont des rotules qui reposent dans des creux sphériques. Le coussinet est ainsi moins sujet à s'échauffer : en effet si le palier n'est pas placé dans une position absolument horizontale, il laisse la latitude à l'arbre de prendre la position qu'il exige pour tourner dans de bonnes conditions et évite de cette façon les frottements excessifs qui produisent les échauffements.

La longueur des coussinets est généralement de quatre fois le diamètre de l'arbre. Ils sont en fonte, en bronze, ou bien en fonte garnie de métal blanc.

Au moyen des vis A et B on peut régler la hauteur du coussinet.

La formule pour l'unité de mesure est

$$d_1 = 1{,}5\,d + 5 \text{ mm.}$$

Si par exemple on doit construire un palier pendant pour un arbre de 70 mm., on aura

$$d_1 = (1{,}5 \times 70) + 5 = 120 \text{ mm.}$$

Sur le dessin on trouve par exemple 0.8; la mesure effective sera

$$0{,}8 \times 120 = 96 \text{ mm.}$$

Le nombre 1.7 équivaudra à

$$120 \times 1{,}7 = 204 \text{ mm. etc.}$$

Les fig. 5-6-7-8 sont les dessins d'un palier pendant fermé, du même genre que celui qui est décrit plus haut.

Lorsque tous les paliers pendants qui sont sur un même alignement sont des paliers ouverts, on peut placer les arbres en une fois.

Dans les paliers fermés on doit glisser les arbres entre les jambes du premier pendant, puis du second, du troisième et ainsi de suite.

La formule employée pour l'unité d_1 est appliquable ici également.

Il serait très utile ici aussi de faire une échelle de proportions.

EXERCICES.

1° Faites une échelle de proportions pour paliers pendants pour des arbres ayant des diamètres de 30 à 85 mm.

2° Dessinez à une échelle de 40 centimètres par mètre un palier pendant ouvert système Seller, pour un arbre de 75 mm.

3° Dessinez un palier pendant fermé, système Seller, pour un arbre de 80 mm. Echelle de 40 cent. par mètre. Faites tous les dessins, coupes, plans, vis, coussinets nécessaires pour la construction.

PLANCHE 32.

Les fig. 1 à 5 donnent les différents dessins d'un palier à rotule, par conséquent pouvant suivre les mouvements de l'arbre. Ce genre est généralement employé dans les cas où il faut transmettre une petite force, mais aussi où il faut un grand nombre de tours de l'arbre.

La longueur du coussinet est de quatre fois le diamètre de l'arbre. Sur le dessin on verra toutes les dimensions marquées en millimètres.

Les fig. 6 et 7 nous montrent les dessins d'une console se fixant au mur pour palier ouvert à rotule et ajustable en hauteur.

Le réglage est facile, la construction est légère. La console est creuse en forme de boîte.

Les fig. 8 à 13 représentent un palier droit lourd à réservoir ne suintant pas. On emploie de préférence ces paliers pour les transmissions où se trouvent des roues d'engrenage et des poulies pour de grandes courroies.

Il est muni d'un appareil de graissage automatique qui consiste en une chaîne sans fin qui est mise en mouvement par l'arbre. Dans le demi-coussinet supérieur il y a un passage pour la chaîne et dans le palier se trouve un réservoir rempli d'huile, dans lequel la chaîne vient constamment s'approvisionner.

Les fig. 14 et 15 donnent les différentes dimensions d'un palier à réservoir à rotules, avec deux bagues pour le graissage.

Le graissage des parties frottantes des arbres est de la première importance. Il diminue le frottement et économise la force.

Le graissage montré dans la fig. 15 est produit par l'anneau R qui est formé de deux demi-pièces. Il est très léger et construit en cuivre. La largeur du passage pour l'anneau est de 8 à 10 mm. Le diamètre est de

80 mm. L'arbre en tournant entraîne l'anneau qui enlève l'huile et la distribue sur l'arbre.

La fig. 16 représente un coussinet à rotule en fonte. Ici on emploie des godets graisseurs munis d'une aiguille par laquelle l'huile coule sur l'arbre.

Les fig. 17 et 18 représentent un coussinet à rotules du même genre, mais avec deux réservoirs d'huile situés à chaque extrémité, et qui sont munis de deux anneaux graisseurs.

Les fig. 19 à 22 représentent un coussinet à rotules incliné. On l'emploie de préférence quand la traction des courroies ou des câbles est importante, et quand la vitesse des arbres est grande.

Comme on peut le voir aux godets graisseurs le graissage se fait ici au moyen d'une graisse consistante, du système Stauffer ou du système Tovote. La graisse est pressée dans les rainures qui sont dans les coussinets. L'intérieur du coussinet est garni de métal blanc.

EXERCICES.

1° Dessinez à la moitié de la grandeur naturelle un palier à rotule pour arbre de 100 mm. comme fig. 1 avec tous les dessins nécessaires pour la construction.

2° Dessinez une console murale avec son palier, pour arbre de 50 mm. L'arbre doit être à une distance de 500 mm. du mur. Faites les différentes vues et plans sur une échelle de la moitié de la grandeur naturelle.

3° Dessinez à l'échelle de 50 c. par mètre un palier graisseur à chaîne pour un arbre de 180 mm.

4° Dessinez à la moitié de la grandeur naturelle un coussinet à rotules à réservoir avec deux bagues, pour le palier demandé à l'exercice 1° ci-dessus.

PLANCHE 33.

Excentriques.

Le disque d'excentrique est le plus souvent fait en fonte. Son centre de rotation est en dehors du centre du disque (fig. 14) : c'est pourquoi on l'appelle *excentrique*.

La distance B'A' entre les deux centres est l'*excentricité*.

Autour du disque est fixé un collier ; au collier est attachée une tige qui l'empêche de tourner autour de l'arbre.

Quand l'arbre a fait un tour complet, la tige qui est attachée à la glissière imprime à celle-ci un mouvement de va et vient.

Le chemin parcouru dans le sens du mouvement rectiligne est égal à deux fois l'excentricité B'A'.

Si le chemin de va et vient est connu, on fera un disque, dont l'excentricité sera égale à la moitié de ce parcours.

Un excentrique peut être remplacé par une manivelle ayant la même longueur que l'excentricité (fig. 14). Les mêmes observations sont applicables à la manivelle pour ce qui regarde le mouvement à transmettre

par un excentrique. C'est-à-dire que pour un tour de l'arbre, la glissière parcourera un chemin égal à deux fois la longueur de la manivelle.

Pour un demi tour de l'arbre, la glissière fera le chemin de droite à gauche, et pour l'autre demi tour elle ira de gauche à droite.

Cependant la transformation d'un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne de va et vient, est presque toujours produite par un excentrique.

Le disque d'excentrique est fixé sur l'arbre au moyen d'une vis de pression et d'une clavette.

Le collier est composé de deux parties, assemblées par des boulons.

Soit d' le diamètre du disque (fig. 14),
r = l'excentricité,
d = diamètre de l'arbre,

$$d' = 1{,}2d + 2r + 20 \text{ mm.}$$

Si par exemple $r = 253$ mm., et le diamètre de l'arbre 65 mm.

$$d' = (1{,}2 \times 65) + (2 \times 253) + 20 = 604 \text{ mm.}$$

Les fig. 1-2 nous donnent le dessin d'un collier. Il est en fonte et composé de deux parties, assemblées par 2 boulons. La tige est fixée au collier au moyen de 2 écrous, au moyen desquels on peut régler la position de la glissière.

Les fig. 3 à 6 représentent d'autres formes de colliers, et d'autres attaches pour la tige.

Les fig. 7-8 sont les dessins d'un excentrique au complet très employé dans les locomotives

Le disque se compose de deux demi-pièces; la petite pièce A est en fer forgé, la grande pièce B est en fonte, elles sont réunies par les boulons E F. Au moyen de deux vis de pression et d'une clavette on fixe le disque sur l'arbre.

L'excentricité dans la figure est X et correspond à la moitié de la course de la glissière.

Les deux demi-colliers C et D sont en fonte et les parties frottantes sont garnies de métal blanc; ils sont assemblés par les deux boulons AA. La pièce C est attachée à la tige E au moyen de deux vis à écrous. Le réservoir d'huile est venu de fonte avec le collier.

Les fig. 9-10 représentent un excentrique du même genre mais pour une machine plus petite.

Les fig. 11-12-13 montrent les différentes manières dont le disque tourne dans le collier, pour diminuer le plus possible le frottement.

Exercices.

1° Dessinez un excentrique pour locomotive, l'excentricité est de 76 mm., le diamètre de l'arbre est de 178 mm. Faites aussi toutes les vues, coupes etc. Grandeur naturelle.

2° Dessinez le collier représenté par la fig. 1. Ajoutez-y un disque dont l'excentricité sera de 100 mm ; le diamètre de l'arbre est de 250 mm.

La partie frottante sera dessinée comme l'indique la fig. 13.

PLANCHE 34.

Bielles et Têtes de Bielles.

Au moyen de la manivelle on transforme le mouvement rectiligne en mouvement rotatif et vice versa.

Pour obtenir cette transformation on a besoin de plusieurs pièces qui sont : l'arbre de manivelle, la manivelle, le bouton et la bielle.

Si par exemple le piston d'une pompe est attaché à la bielle, le mouvement part de la manivelle et est transporté au piston par l'intermédiaire de la tige. Par contre, dans une machine à vapeur, le mouvement part du piston et se transmet à l'arbre au moyen de la bielle et de la manivelle.

Pour les machines à vapeur horizontales, la longueur de la bielle est généralement de 2.5 à 3 fois la longueur de la course. Pour les machines marines elle est de 2 à 2 1/2 fois, et pour les locomotives de 3 à 3 1/2 fois la course du piston.

La course du piston est égale à deux fois la longueur de la manivelle.

Les fig. 1-2 représentent la forme ordinaire d'un pied de bielle. L'assemblage des diverses parties a lieu au moyen d'une clavette et de deux contre-clavettes.

L'unité de figure est $= 0.22\ (d + 10$ mm.) dans laquelle d est le diamètre du tourillon de la crosse de la tige du piston.

L'inclinaison de la clavette est de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{15}$ quand elle ne peut être fixée au moyen de vis de pression; avec vis de pression l'inclinaison peut aller jusqu'à $\frac{1}{6}$.

Les fig. 3 et 4 indiquent un pied de bielle dont la chape est fixée au moyen de pièces à double queue d'aronde traversées par un boulon.

On obvie à l'usure des coussinets, qui occasionne le jeu et par suite les chocs, au moyen d'une clavette et contre-clavette; ainsi s'opère ce qu'on appelle généralement le serrage du coussinet. L'unité de figure est la même que celle qui est donnée ci-dessus.

Les fig. 5, 6 et 7 sont les dessins d'une tête de bielle fermée, en fer forgé formant une seule pièce avec la bielle. Dans l'ouverture se trouve le coussinet qui est réglé au moyen d'un bloc en forme de clavette. Le bloc est serré au moyen d'une tige filetée munie d'écrous.

Les fig. 10 et 11 représentent une tête de bielle pour locomotive, ayant la forme d'une fourche. Le chapeau est fixé au moyen de boulons, d'écrous et de contre-écrous. Les coussinets ont de chaque côté des collets et sont serrés au moyen d'un boulon en forme de clavette. La bielle est en acier à section rectangulaire.

Les fig. 8, 9, 12 et 13 sont les dessins d'une tête de bielle ouverte, en fer forgé. Le chapeau est attaché au moyen de 2 forts boulons. Les écrous sont d'une construction particulière pour éviter le desserrage. Le coussinet est en fonte garni de métal blanc.

Les fig. 14 et 15 représentent le pied de bielle, qui fait pendant à la tête que représentent les figures précédentes.

Les fig 16, 17, 18 et 19 sont quatre vues d'un pied de bielle du côté de la tige du piston. Le coussinet en bronze n'a qu'un seul collet et est fixé au moyen d'une clavette.
Le tourillon a une partie renforcée, le bout est fileté et muni d'un écrou à grande rondelle, qui retient la bielle en place.

EXERCICES.

1° Dessinez en grandeur naturelle une tête de bielle, avec une clavette et deux contre-clavettes. Le bouton de la manivelle a 50 mm. de diamètre.

2° Faites le dessin d'une tête de bielle, dont la chape est fixée au moyen de pièces à double queue d'aronde. Echelle de 20 cent. par mètre.

3° Dessinez la tête d'une bielle (en grandeur naturelle), dans laquelle l'usure est réglée au moyen d'une pièce en forme de clavette. Le diamètre du bouton est de 10 mm.

4° Dessinez en grandeur naturelle les deux bouts d'une bielle, le côté du bouton de la manivelle étant ouvert. Le diamètre du bouton est de 110 mm.

PLANCHE 35.

Croisillons ou Crosses.

Les organes qui servent à relier le pied de la bielle à la tige du piston se nomment *crosses*. L'unité des dimensions dépend du diamètre de la tige du piston.
Les fig. 1-2 montrent un croisillon en fer forgé très employé dans les petites machines; c'est un genre de charnière
Les fig. 3-4 représentent une tige du piston réunie au croisillon par une clavette.
Les fig. 5-6-7 représentent un modèle de crosse guidée d'un seul côté ou crosse à savate; on l'emploie de préférence dans les petites machines horizontales.
Le bout de la tige du piston est en forme de tronc conique et est fixé dans la crosse au moyen d'une clavette. La savate a la forme d'une boîte réunie par des boulons. Les glissières sont plates en fer forgé. Le tourillon est légèrement conique dans son support, de manière à pouvoir être ajusté lorsque l'usure s'est produite.
Les fig. 8 et 9 donnent les dessins d'une crosse travaillant entre deux glissières, principalement utilisée dans les locomotives. La tige du piston et la fourchette ne forment qu'une seule pièce en fer ou acier forgé.
Par contre dans le dessin de la fig. 10 la fourchette est une pièce détachée, assemblée à la tige du piston au moyen d'une clavette.
Les fig. 12 à 16 représentent une crosse en acier coulé; les deux savates sont en fonte et travaillent sur des glissières également en fonte. Le coussinet en bronze est composé de deux demi pièces et peut être serré au moyen d'un talon en forme de clavette que l'on peut régler à

volonté au moyen des écrous du boulon qui le traverse. Pour empêcher le desserrage de l'écrou il existe un système spécial comme on peut le voir dans les fig. 15 et 16.

La crosse représentée par les fig. 18 et 19 est pour une machine verticale, le plus souvent employée dans les machines de bateaux. La glissière est une pièce séparée, assemblée par 4 boulons à têtes noyées. Les coussinets ne peuvent pas être corrigés, les boulons sont assurés contre le desserrage.

Dans les fig. 20-21 la boite est en fonte malléable; l'extrémité de la tige du piston y est attachée de la manière habituelle.

Le tourillon en acier a un diamètre de 70 mm. et une longueur de 100 mm. Chaque côté de la boîte a 40 mm. d'épaisseur pour soutenir le tourillon. Afin d'empêcher que le tourillon ne tourne, la tête est fixée par une petite clavette carrée de 10 mm. de côté.

La longueur de la tige qui entre dans la crosse est de 115 mm., la clavette qui la fixe a une largeur de 50 mm. sur 10 mm. d'épaisseur.

Les savates sont en fer forgé et ont une grande surface de contact, 280 mm. de long sur 150 de large; elles sont arrondies sur un rayon de 160 mm.

Le réglage des savates s'obtient par le serrage de deux boulons qui agissent sur deux plans inclinés.

Exercices.

1° Dessinez une crosse, en grandeur naturelle, pour une petite machine à vapeur dont le piston a une tige d'un diamètre de 40 mm.

2° Dessinez, en grandeur naturelle, une crosse du genre de celle de la fig. 12, avec toutes les indications, coupes, etc.

PLANCHE 36.

Boîtes à étoupes ou Stuffing-box.

Chaque pièce mobile qui, dans un moteur, est d'un côté en communication avec la vapeur, le gaz ou l'eau et de l'autre côté avec l'atmosphère, doit être tenue étanche dans ses parties frottantes ou tournantes, afin de ne pas laisser échapper la vapeur, le gaz ou l'eau.

A cette fin on emploie la boîte à étoupes dans laquelle passe la tige dans un mouvement alternatif ou rotatif.

Cette boîte est remplie de bourrage pour assurer l'étanchéité de la pièce en mouvement.

Par exemple la tige d'un piston d'une machine à vapeur; celle d'une pompe; l'arbre rotatif d'une pompe centrifuge, etc.

On emploie quelquefois pour la garniture le chanvre, des cordes en coton graissées, de l'asbeste, et aussi des bourrages métalliques.

Les bagues se font en bronze; les surfaces de pression sont biseautées, légèrement arrondies.

Les fig. 1 et 2 sont les dessins d'un petit stuffing-box pour tenir étanche la tige d'une soupape. Le presseur est un écrou hexagone.

Les fig. 3 et 4 représentent un petit stuffing-box pour soupape. La tige passe à travers un étrier en fonte. Le presseur est à bride ovale avec deux vis.

Les fig. 5, 6 en 7 représentent une boîte à étoupes pour petit moteur; l'écrou-presseur est en bronze et d'un modèle tel qu'il permette de tenir la tige très propre et en outre de la graisser facilement.

Les fig. 8, 9 et 10 représentent la boîte à étoupes ordinaire, le plus souvent employée pour les cylindres; il en existe avec 2 ou 3 vis pour presser le bourrage. Généralement la tige passe dans un anneau en bronze, fixé dans le couvercle du cylindre, qui lui sert de guide. Dans le presse-étoupe il y a également une garniture en bronze pour éviter le grippage de la tige.

Les différentes dimensions dépendent toutes du diamètre de la tige et sont indiquées sur les figures.

Les fig. 11 à 14 représentent un système américain de stuffing-box qui est spécialement employé dans les bateaux à vapeur, pour les tiges des pistons. Il consiste en huit segments garnis de métal blanc qui reçoivent une certaine pression par des ressorts à boudin. La boîte contient un anneau à section sphérique qui puisse suivre les mouvements de la tige.

La fig. 15 représente un système, basé sur les mêmes principes, qui est beaucoup en usage pour les tiges de piston des locomotives.

La fig. 16 représente une boîte à étoupes pour pompe foulante d'eau froide. On emploie ici soit le chanvre soit des rondelles en cuir ou en caoutchouc.

Les fig. 17, 18 et 19 nous montrent comment on rend étanche le cylindre d'une presse hydraulique. On y voit un anneau en cuir sous la forme d'un U renversé Plus la pression devient forte plus l'eau presse les parties de l'anneau contre le cylindre et contre le piston.

Exercices.

1° Dessinez, en demi grandeur naturelle, un stuffing-box pour machine à vapeur dont le piston a une tige d'un diamètre de 85 mm.

2° Dessinez, en grandeur naturelle, un petit stuffing-box pour une tige de 45 mm.

PLANCHE 37.

Pistons.

Le piston est généralement fait en fonte; il a la forme d'un tambour. Il doit être étanche dans le cylindre c'est-à-dire que dans son mouvement de va et vient il ne peut pas laisser passer la vapeur.

Dans les petits pistons le tambour est quelquefois plein; pour les grands pistons on le fait aussi léger que possible et creux à l'intérieur. Il est alors fondu d'une seule pièce.

Le diamètre du tambour est un peu plus petit que le diamètre intérieur du cylindre. La surface circulaire du tambour possède deux ou trois bagues fendues.

On distingue principalement deux genres de pistons. Dans les uns les bagues fendues sont encastrées entre deux plateaux, et sont pressées contre la surface du cylindre par des ressorts.

Dans les autres les bagues fendues forment ressort par elles-mêmes et sont très exactement ajustées dans des rainures.

Les fig. 1, 2 et 3 nous montrent un piston du premier genre. Les deux plateaux sont assemblés au moyen de quatre boulons. Les segments sont logés entre les plateaux, et quatre ressorts plats viennent presser les segments contre les parois du cylindre.

Au moyen de vis on peut régler à volonté la pression de ces segments.

Les fig. 4, 5, 6 et 7 représentent un système anglais de la maison Mather et Platt. Le tambour B est en fonte, la tige est en acier.

Les segments DD sont en fonte d'une matière moins dure que celle du cylindre à vapeur; le ressort hélicoïdal C est en acier trempé.

La coupure des segments est oblique, comme on le voit en E, pour diminuer les chances de fuite.

Les fig. 8 et 9 nous montrent un piston pour locomotive.

La pièce A est en fonte, la tige B en acier.

Les segments *cc* sont faits suivant le système suédois ou bien Ramsbottom. Un grand anneau en fonte d'un grain serré est tourné sur le tour intérieurement et extérieurement aux dimensions voulues. On en coupe alors la largeur d'un segment. Le diamètre de cet anneau est plus grand que le diamètre intérieur du cylindre. Dans la figure le diamètre est de 18 pouces; l'anneau devra avoir 18 3/4 pouces.

De ce segment on enlève un morceau de telle façon qu'avec un diamètre extérieur plus petit il fera l'office de ressort et s'appliquera contre la paroi du cylindre.

Il est certain qu'après avoir enlevé un morceau du segment, cette pièce ne sera plus ronde si on la serre. C'est pourquoi on devra la replacer sur le tour pour la retoucher et lui donner les dimensions de la rainure dans laquelle elle devra travailler.

Les fig. 10, 11 et 12 représentent un piston pour un grand cylindre.

Les fig. 13 et 14 représentent un piston pour locomotive, dans lequel trois ressorts à boudin A pressent les segments contre la paroi du cylindre. La place de ces ressorts est telle qu'il y en a deux en bas et un en haut.

Les fig. 15-16-17-18 sont des dessins pour pistons de petites machines, ainsi que pour des machines de grandeur moyenne et pour locomotives.

Soit D le diamètre du cylindre en pouces.

P = la pression en livres anglaises.

L'unité de figure sera

$$1 = \frac{D\sqrt{P}}{100}.$$

Les fig. 19-20-21-22 représentent différents systèmes usités pour faire le joint de la coupure des segments.

Les couvre-joints sont attachés d'un côté de la coupure, tandis que l'autre côté est libre, ce qui permet la dilatation des segments.

Les fig. 23 à 36 montrent les différentes manières d'attacher les tiges aux pistons.

Pour les pistons de pompes on se sert d'une pièce cylindrique dans ce but, tandis que pour les pistons à vapeur les tiges sont fixées à l'aide d'une pression hydraulique.

Quelquefois on fait aussi usage du retrait en chauffant au rouge le piston. Le diamètre de la tige est alors de 1.0025 plus grand que le trou du piston. Parfois aussi on rive la partie de la tige qui dépasse le piston. Si l'extrémité de la tige est conique, l'inclinaison est de 1/32 à 1/16. Dans ce cas les pistons doivent toujours être ajustés à l'émeri sur l'extrémité de la tige.

EXERCICES.

1° Dessinez un piston avec tous ses détails, à l'échelle de 40 centim. par mètre, comme la fig. 1.

2° Dessinez en grandeur naturelle un piston pour locomotive avec sa tige. Le diamètre intérieur du cylindre est de 250 mm.

3° Dessinez en grandeur naturelle différents systèmes pour couvrir la découpure des segments.

PLANCHE 38.

Cylindres et tiroirs.

Pour distribuer la vapeur dans les cylindres des petites machines ou locomotives on emploie les tiroirs.

Le tiroir plat ordinaire est creux, en forme de D, et couvre les deux lumières d'admission et aussi une troisième située entre les deux premières, qui est l'ouverture d'échappement (fig. 1 à 6).

Chaque lumière d'admission est reliée à l'une des extrémités du cylindre à vapeur; l'ouverture d'échappement est en communication soit avec un condenseur soit avec l'atmosphère extérieure (fig. 12).

Le tiroir glisse sur la surface nommée *glace* dans laquelle sont les lumières des canaux qui conduisent la vapeur vers les extrémités du cylindre, ainsi que l'ouverture du canal par laquelle passe la vapeur d'échappement (fig. 15).

Si la longueur du tiroir est plus grande que celle qui est nécessaire pour couvrir exactement les lumières dans la glace, on appelle cette longueur supplémentaire « recouvrement » (fig 4, 5 et 6). Quand un tiroir ordinaire plat n'a pas de recouvrement, la longueur du tiroir est égale à celle de la glace (fig. 1 et 2).

Des tiroirs de ce genre ne sont pas applicables aux machines à vapeur; ils sont employés uniquement pour les cylindres qui fonctionnent par la pression hydraulique.

Les fig. 1 et 2 nous montrent un tiroir sans recouvrement. Le tiroir est arrivé à la moitié de sa course; le piston est arrivé à l'une des extrémités de sa course (fig. 1). Dans la fig. 2 le tiroir est arrivé à l'extrémité

de sa course, le piston est à la moitié de sa course, l'une des lumières d'admission est complètement dégagée.

Les fig. 3 à 6 nous montrent un tiroir à recouvrement. Dans la fig. 3 le piston se trouve à l'une de ses extrémités, le tiroir a un peu dépassé la moitié de sa course.

Dans la fig. 4, l'une des lumières d'admission est complètement libre; dans la fig. 5 le piston est poussé par la détente de la vapeur admise, la lumière d'admission est fermée, tandis que la lumière d'admission du côté opposé est déjà en communication avec la lumière d'échappement.

Dans la fig. 6 les deux lumières d'admission sont fermées, il n'y a plus ni admission ni échappement.

Les fig. 7 à 11 indiquent comme le tiroir est attaché au mécanisme qui le fait mouvoir; on y trouvera aussi les différentes dimensions.

Les fig. 13 à 15 représentent les dessins d'un cylindre à vapeur, de son piston et de la boîte de distribution à tiroir double.

Le cylindre à vapeur est en fonte; il est parfaitement alésé Le piston qui y travaille est rendu parfaitement étanche. On peut admettre par conséquent qu'il y a dans ce cylindre deux compartiments n'ayant aucune communication entre eux, de telle façon que la vapeur est empêchée par le piston d'aller de l'un à l'autre de ces compartiments.

Le fond et le couvercle du cylindre sont à une distance égale à la course du piston augmentée de l'épaisseur de ce piston plus un léger espace pour le jeu.

La puissance ou l'effort qu'une machine peut transmettre durant chaque coup du piston, est en rapport avec une pression déterminée et le volume du cylindre.

L'épaisseur des parois des cylindres à vapeur peut être calculée suivant leur diamètre et leur pression. Cependant cette épaisseur proportionnelle ne doit pas être établie uniquement d'après la pression de la vapeur, attendu que, si petite que soit cette pression, les parois devront avoir une certaine épaisseur, afin qu'il soit possible de faire subir éventuellement au cylindre un nouvel alésage.

La plus petite épaisseur admise est 25 mm.

La boîte à vapeur dans la fig 12 est établie pour deux tiroirs, le premier étant le tiroir ordinaire de distribution, le second le tiroir à détente.

Les fig. 17, 18, 19, 20 et 23 sont les dessins d'un tiroir à détente système Meyer.

Ce système consiste en un tiroir de distribution, qui fonctionne de la manière ordinaire, mais est construit d'une façon spéciale. Il a deux passages rectangulaires.

Sur le dos de ce tiroir glissent deux petits tiroirs (tiroirs de détente) qui sont réunis par une tige filetée. Les pas de vis de cette tige sont l'un à gauche et l'autre à droite, de manière que les petits tiroirs sont eux-mêmes filetés l'un à gauche et l'autre à droite.

L'autre extrémité de cette tige est fixée à un excentrique. En faisant tourner la tige filetée dans l'un ou dans l'autre sens, on diminue ou l'on augmente la distance des deux tiroirs. Plus cette distance est grande plus la détente de la vapeur sera forte dans le cylindre.

Toutes les dimensions sont marquées sur les figures.

EXERCICES.

1° Dessinez un tiroir ordinaire en D à recouvrement, avec les lumières et les conduites à vapeur. Grandeur d'exécution.

2° Dessinez un assemblage d'un tiroir avec sa tige.

3° Dessinez à l'échelle de 20 centimètres par mètre un cylindre à vapeur avec 2 tiroirs. Le diamètre intérieur du cylindre est de 550 mm.

4° Dessinez séparément les pièces d'un tiroir système Meyer, en demi grandeur naturelle.

PLANCHE 39.

Bâtis pour machines à vapeur.

Il ne suffit pas pour dessiner des pièces à construire de se baser uniquement sur les calculs concernant la résistance de ces pièces; il faut encore comparer les dimensions à adopter avec celles qui sont établies par la pratique et par l'expérience.

La forme des pièces à exécuter pour modèles a une certaine importance dans la fonte.

On doit avant tout régler avec soin les dimensions de telle manière qu'elles ne produisent pas de cassures lors de la fonte. Ou, pour mieux dire, on doit veiller à ce qu'une pièce légère et mince, qui fait partie d'une plus forte pièce, ne se détache pas par le refroidissement ou par suite d'un retrait inégal.

Le dessinateur doit tenir soigneusement compte de ces observations pour aboutir à un bon résultat. Il doit non seulement consulter sa propre expérience mais encore faire des comparaisons avec de bons modèles qui sont reconnus et approuvés dans la pratique.

Les fig. 1 à 4 représentent le bâti d'un petit moteur; il est coulé d'une seule pièce. La course du piston est de 15 pouces au maximum.

L'arbre moteur de la manivelle est supporté par deux coussinets; le volant est à l'une des extrémités et la poulie motrice à l'autre extrémité de l'arbre en dehors des paliers.

Le coussinet est en deux demi-pièces avec un chapeau, fixé au moyen de 2 ou 4 boulons.

Le bâti a une forme symétrique par rapport à l'axe.

Autrefois on donnait un aspect ornemental aux pièces de machines, aujourd'hui on ne tend plus qu'à leur donner de belles formes coulantes, arrondies, bien ajustées et raisonnées.

Les différentes dimensions indiquées sur les figures conviennent pour un cylindre d'un diamètre intérieur de 6 pouces.

Les fig. 5 à 8 sont les dessins d'un modèle de bâti pour un cylindre de 20′ à 44″ pouces de diamètre.

Le support indiqué en lignes pointillées au milieu du bâti, n'est appliqué que pour des machines dont les cylindres ont un diamètre minimum de 20 pouces.

Pour des machines légères de 10 à 14 pouces de diamètre, on emploie

uniquement le support sous le bout extrême du bâti. Dans ce cas le cylindre ne repose pas sur les fondations. Il est suspendu ou attaché au bâti.

La fig. 10 indique le procédé à suivre pour construire une échelle de proportions pour bâtis de machines dont les diamètres intérieurs des cylindres doivent avoir de 10 à 22 pouces.

Divisez la ligne O — 10″ en dix parties égales; sur le prolongement de cette ligne, portez les mêmes divisions à partir de 10″ jusqu'à 22″.

Menez sur ces points de divisions des perpendiculaires sur la ligne O — 22″.

Prenez 22″ — 22 égal à $\frac{22}{16}$ ou 1 3/8 pouces anglais (l'échelle étant faite sur $\frac{1}{16}$ par pouce). Joignez OX, de cette manière vous indiquez les différents diamètres à commencer de 10″ jusqu'à 22″ pouces et que vous désignez par D.

Sur la ligne 22 X prenez la distance 22″ r égale à 3 1/2 pouces.

$$22' - o = 2\frac{3}{4}, \quad 22' - q = 1\frac{1}{4} \quad \text{et } 22'' - d = 1 \text{ pouce.}$$

Du côté du point O prenez une distance égale à $\frac{1}{8}$ et menez toutes les lignes *od*, *oq*, *oo*, *or*. Ces lignes couperont les différents diamètres D et indiqueront les dimensions qu'il faut donner par rapport à chaque diamètre.

L'échelle dessinée dans la fig. 11 est obtenue de la même manière. On obtient ainsi les différentes dimensions qui correspondent aux lettres indiquées dans les figures 5 à 8.

La ligne courbe du support a la forme parabolique, comme le montre la fig. 9. On l'obtient pratiquement en faisant un angle de 10° par le sommet C avec la base du support. La courbe finit au point B.

Tirez la ligne DB et prolongez-la par une partie droite qui coupera CA en A.

La ligne CA est considérée comme l'unité et BA = 1.4 × CA.

Divisez les deux lignes CA et BA en 10 parties égales, menez des lignes du point C vers les divisions sur AB, et faites de même du point B vers les divisions de CA.

La ligne courbe qui passera par les points d'intersection de ces lignes correspondantes formera le pied du bâti.

Exercices.

1° Dessinez un bâti pour un moteur dont le cylindre a un diamètre intérieur de 6 pouces. Echelle de 3 pouces par pied. Le plan, la coupe, et les différents dessins pour les coussinets, etc.

2° Dessinez un bâti pour une machine à vapeur pour un cylindre de 15 pouces de diamètre intérieur. Echelle de 2 pouces par pied. Tous les dessins nécessaires pour la construction d'un modèle.

PLANCHE 40.

Indicateur Richard.

Au moyen d'un indicateur on constate, à chaque point de la course du piston, la pression et la contrepression que la vapeur exerce sur le piston. C'est aussi au moyen de cet appareil qu'on calcule la force en chevaux indiqués que produit une machine à vapeur.

Les diagrammes produits par cet appareil nous indiquent comment a lieu la distribution de la vapeur dans le cylindre, c'est-à-dire si l'entrée de la vapeur ne se fait pas trop tôt ou trop tard, etc.

L'appareil consiste en deux parties principales; la première partie est un cylindre A avec un piston hermétique B (fig. 2 et 7) dont la partie inférieure est en communication avec la vapeur contenue dans l'une des extrémités du cylindre de la machine.

Au-dessus du petit piston B est un ressort à boudin D, qui est retenu par le couvercle C du cylindre A. La pression de la vapeur ainsi que le degré de vide qui se forme dans le cylindre de la machine, se transmet sur le piston B et le fait monter ou descendre.

Les changements de hauteur du ressort, qui sont calculés d'avance, sont indiqués en atmosphères, en kilogrammes par centimètre carré ou bien en livres anglaises par pouce carré.

La 2[de] partie de l'appareil est un tambour qui reçoit son mouvement d'enroulement et de déroulement par l'entremise d'une corde attachée à l'une ou l'autre pièce de la machine à vapeur. La course de ce tambour doit représenter celle du piston de la machine, et être réglée en rapport avec le diamètre du tambour.

Sur le dessin dans la fig. 1 on voit que le petit piston B est relié par une combinaison de leviers de façon que le mouvement du piston est agrandi au point L, par rapport aux bras de leviers FJ et HF. Au point L se trouve une petite pointe qui dessine les traits sur la feuille de papier qui garnit le tambour *a* Toute la combinaison qui supporte les leviers peut tourner de manière à pouvoir rapprocher ou éloigner le crayon ou la pointe L du tambour *a*.

Le tambour tournera quand la corde sera entraînée par la machine, mais le retour est effectué au moyen d'un ressort de montre Y qui est logé dans le tambour en V (fig. 5), de façon que la corde reste toujours tendue.

Dans le plateau V (fig. 6) on remarque 6 entailles qui empêchent le retour du tambour, bien que la corde soit en mouvement. Le cliquet *c* (fig. 4) étant actionné à volonté vient se caler dans une de ces entailles et tient le tambour immobile.

QQ' sont des guides-poulies.

La planche 40 représentant l'indicateur Richard est à l'échelle de la grandeur naturelle; c'est une planche d'exercice destinée à montrer la manière dont on doit procéder pour exécuter le dessin.

Exercice.

Dessinez les parties séparées de l'indicateur en grandeur naturelle, de telle façon que l'ouvrier chargé de le construire trouve dans votre dessin toutes les indications nécessaires.

Reproduction des Dessins.

Il arrive souvent qu'on aît besoin de 4, 5 exemplaires ou plus encore d'un même dessin. On en fait le calque sur une toile ou bien sur du papier à calquer très clair, puis on le reproduit au moyen de la lumière c'est-à-dire de la photographie, qui consiste à obtenir des reproductions au moyen des transformations que subissent certains produits chimiques sous l'action de la lumière.

Cette reproduction de dessins par la photographie se fait de la manière la plus simple. On place sous le dessin un feuille de papier, enduite ou imbibée de produits chimiques, puis on l'expose à la lumière du soleil. Celle-ci traverse toutes les parties claires du dessin et colore en bleu ou en noir le papier préparé. Les traits foncés du dessin, repoussant la lumière, préservent le papier, qui reste intact; ils sont par conséquent représentés en blanc sur celui-ci. On obtient donc une copie avec des traits blancs sur fond bleu ou brun foncé. On doit ensuite fixer ces traits et ce fond pour qu'ils résistent à la lumière, ce qui se fait en plongeant le papier dans une préparation chimique qui lui enlève sa sensibilité à l'action de la lumière.

On peut obtenir soit :

des traits blancs sur fond bleu;
» » bleus » » blanc;
» » noirs » » blanc.

Pour faire la reproduction par la lumière voici ce que recommande la maison H. Morin de Paris.

Les outils nécessaires sont : Un châssis pour l'exposition, une cuvette pour le lavage à l'eau ; un étui pour préserver le papier entamé contre la lumière et l'humidité; un pied pour le châssis, deux pinceaux plats pour le lavage et des pinces en bois pour suspendre les épreuves à sécher.

Il faut appliquer tous ses soins à la pose du calque dans le châssis. Le côté dessiné doit être bien appliqué contre la glace du châssis et en évitant qu'il s'y forme aucun pli; puis on applique le côté préparé du papier, découpé dans la dimension du dessin, contre le dos du calque; on place ensuite le feutre par dessus le tout, on ferme les volets et l'on fixe les barres.

L'exposition se fera perpendiculairement aux rayons. Sa durée variera suivant l'intensité de la lumière, la transparence du papier et l'opacité des traits du dessin. Généralement on met un petit échantillon dans un coin du châssis qu'on soulève pour examiner si la prise est assez avancée.

Traits blancs sur fond bleu. On emploie le papier au ferro-prussiate. Le papier sensible est pris un peu plus grand que le calque, la marge sert à suivre l'opération. Ce papier, qui est verdâtre, devient rapidement vert, puis bleu, gris et finalement clair on peut juger de cette manière que le temps de pose est alors suffisant. On enlève l'épreuve du châssis pour le plonger dans une cuvette en zinc contenant de l'eau propre. On agite cette eau jusqu'à ce que le dessin ressorte très nettement en traits blancs sur un fond uniforme. On lave à nouveau avec de

l'eau propre et on suspend l'épreuve au moyen de pinces pour la faire sécher.

Traits bleus sur fond blanc. (Cyanotype.)

Le matériel est le même que pour le procédé au ferro-prussiate mais il comprend en plus 2 cuvettes en bois enduites de gutta-percha pour les bains acides.

Le papier cyanotype donne des traits bleus sur fond blanc. Pour opérer d'une manière précise avec le papier dit cyanotype, il est essentiel de pouvoir suivre, à l'aide de témoins, la marche de l'action solaire. Dans ce but, sur des petites bandes que l'on découpe du même papier ou de la même toile, sur lequel le dessin à reproduire est exécuté, on trace des traits avec la même encre de Chine qui a servi à faire le dessin. On met ces bandes dans le châssis à côté des dessin, le côté dessiné contre la glace, on les recouvre de bandes de papier cyanotype et on expose à la lumière.

Trois ou quatre de ces témoins suffisent. Quand on peut croire que le temps de pause est terminé on retire du châssis un de ces témoins. On le trempe dans un bain de prussiate Les traits seuls doivent apparaître au bout de quelques secondes en vert foncé sur fond jaune. Si le fond devient bleuâtre, c'est que la pause n'a pas été assez longue ; on laissera alors le châssis exposé et au bout de quelques secondes on recommencera, à l'aide d'un second témoin, un nouvel essai.

Si les traits des témoins paraissent rongés, la pose a été trop longue.

Après trois ou quatre opérations, l'habitude est assez grande pour ne plus faire d'erreurs, même sans témoins.

A l'ombre la pause varie de 4 à 6 minutes. Au soleil d'hiver ou voilé la pause est de 40 à 60 *secondes*. Au grand soleil d'été, la pause est de 15 à 30 secondes.

Lorsque la pause est jugée terminée, on ouvre le châssis, on enlève la feuille impressionnée.

Pour développer l'image on se sert du bain révélateur. Ce bain est composé de :

prussiate de potasse (non dangereux)	en été. . . .	1 kil.
	en hiver . . .	1,500 »
eau		1 litre

On en fait un bain abondant dans une cuvette garnie de gutta, et on y étend la feuille de la manière suivante : on saisit les deux bords opposés de la feuille, le côté sensible en dessous, on fait adhérer le milieu au liquide, tandis qu'on abaisse régulièrement les deux bords, de manière que le côté impressionné flotte à la surface du liquide.

Il faut éviter que des bulles d'air soient prises entre le bain et le papier et que le bain de prussiate ne passe sur le dos de l'épreuve où il occasionnera des taches.

L'épreuve ainsi posée sur le bain, les traits seuls du dessin doivent apparaître presque instantanément (en général 40 à 50 secondes) en vert foncé sur fond jaune. Pour s'en assurer, on relève vivement l'épreuve et on la tient suspendue. Si le fond de l'épreuve est resté bleuâtre, la pause a été insuffisante; si les traits sont rongés, la pause a été trop longue. Si les traits bavent il faut ajouter de l'eau au bain qui est trop fort.

Ce bain se conserve indéfiniment; il suffit de le filtrer de temps à temps.

Une fois les traits jugés suffisamment nets, l'épreuve est placée, le côté impressionné en dessous, sur un bain d'eau ordinaire de 3 centimètres de hauteur environ dans une cuvette en zinc. Eviter que l'épreuve ne touche le fond. On arrose le dos de l'épreuve au moyen d'un jet d'eau produit par un tuyau de caoutchouc muni d'une pomme d'arrosoir; on arrête ainsi la réaction du développement. On passe ensuite au bain de dégorgement qui peut avoir l'une des deux compositions suivantes :

1re composition : 0.350 kilogr. acide sulfurique, 10 litres eau.
2me » : 0.850 » » chlorhydrique 10 »

La feuille après lavage est placée dans une cuvette en bois garnie de gutta. On projette dessus, au moyen d'un pinceau, de cette eau acidulée. Après un séjour de 3 à 5 minutes dans ce bain, le fond est bien dégagé, on enlève l'épreuve et on la replace dans la cuvette en zinc préalablement nettoyée, de façon qu'il n'y aît plus de traces de prussiate.

On lave alors l'épreuve à grande eau de manière à enlever l'excès d'eau acidulée; cinq minutes suffisent.

On fait sécher l'épreuve, en la suspendant par les pinces sur une ficelle tendue.

Le papier cyanotype se conserve indéfiniment si l'on a soin de le tenir à l'abri de la lumière et de l'humidité.

Pour enlever les taches bleues que l'on pourrait avoir aux mains il suffit de les laver dans une légère solution de potasse caustique.

Traits noirs sur fond blanc (Héliographie). Le matériel est le même que pour le procédé au ferro-prussiate; il comprend en plus une cuvette en bois enduite de gutta-percha pour le bain acide.

Le papier héliographique donne les traits noirs sur fond blanc. Sa couleur est sensiblement jau e. On le découpe de manière à le laisser dépasser le calque. Sous l'action de la lumière, il devient blanc sous les clairs du dessins. On peut en juger, soit en soulevant une des parties du volet, puis le papier sensible, soit au moyen de témoins. On juge que l'exposition est suffisante quand le fond est parfaitement blanc et que le dessin seul s'est conservé jaune sous les traits noirs. On enlève l'épreuve du châssis-presse et on appose la feuille courbée, la partie sensible en dessous, sur un bain d'acide gallique à saturation (8 grammes par litre d'eau). Mêmes observations que pour le développement du papier cyanotype : éviter les bulles d'air entre le bain et le papier, éviter de laisser passer le bain sur le dessus de la feuille. Aussitôt que l'épreuve touche le bain, les traits du dessin, qui étaient jaunes, prennent une teinte noire d'encre (violet foncé) sur le fond blanc. Lorsque le dessin se trouve assez venu, on lave à l'eau ordinaire durant une minute, puis on suspend pour sécher. L'opération est terminée.

Préparation du papier. Pour obtenir des épreuves avec des traits blancs sur fond bleu, on enduit le papier à dessin ordinaire de la solution suivante :

60 grammes de citrate de fer d'ammoniaque;
70 » de ferri-cyanure de potasse.

On fait infuser durant 24 heures ces deux matières séparément dans 525 ou 550 grammes d'eau ; on emploie un vase en terre cuite.

On mélange les deux liquides, qu'on laisse reposer à nouveau durant 24 heures. On fait l'emploi du liquide obtenu en ayant soin de ne pas le secouer afin de ne pas provoquer des taches sur les épreuves. On étend au moyen d'une éponge cette préparation sur le papier ordinaire jusqu'à ce qu'il présente une nuance verdâtre. On obtient généralement une trentaine d'épreuves avec ce mélange.

TABLE DES MATIÈRES.



